

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Минцаев Магомед Шавалович

Должность: Ректор

Дата подписания: 25.11.2023 11:36:35

Уникальный программный ключ:

236bcc35c296f119d6aafdc22836b21db52dbc07971a86865a5825f9fa4304cc

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**имени академика М.Д. Миллионщикова**



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«Повышение продуктивности скважин»**

**Направление подготовки**  
21.03.01 Нефтегазовое дело

**Направленность (профиль)**  
**«Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти»**

**Квалификация**  
бакалавр

### **1. Цели и задачи дисциплины.**

*Целью изучения дисциплины «Повышение продуктивности скважин» является приобретение студентами знаний физических процессов подъема продукции из скважин на поверхность, приобретение навыков самостоятельной оценки и анализа промысловой ситуации, умение выбора оборудования и установления оптимальных условий его работы.*

*Задачи изучения дисциплины «Повышение продуктивности скважин» является умение студентов использовать полученные знания в практической деятельности инженеров в области технологии методов повышения продуктивности пластов при принятии решений выбора рациональных способов эксплуатации скважин при том или ином методе повышения нефтеотдачи.*

### **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к профильной части профессионального цикла. Для изучения курса нужно владеть знаниями: полученными в курсах «физика», «математика», «Подземная гидромеханика», «Физика нефтяного и газового пласта», «Добыча нефти», «Добыча газа» и т.д.

### **3. Требования к уровню освоения содержания дисциплины**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций и индикаторов их достижения:

**ПК-4** - Способность осуществлять оперативное сопровождение технологических процессов в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности.

**Знать:**

- технологические процессы в области нефтегазового дела для организации работы коллектива исполнителей;

**Уметь:**

- принимать исполнительские решения при разбросе мнений и конфликте интересов, определить порядок выполнения работ;

**Владеть:**

- навыками оперативного сопровождения технологических процессов в области нефтегазового дела

**ПК-8** - Способность осуществлять организацию работ по оперативному сопровождению технологических процессов в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности.

**Знать:**

- методы организации работ технологических процессов нефтегазового комплекса.

**Уметь:**

- применять знания по технологическим процессам нефтегазового комплекса для организации работы коллектива исполнителей; принимать исполнительские решения при разбросе мнений и конфликте интересов;

- определять порядок выполнения работ;

- организовывать и проводить мониторинг работ нефтегазового объекта;

- координировать работу по сбору промысловых данных.

**Владеть:**

- навыками организации оперативного сопровождения технологических процессов в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности.

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Таблица 1

Вид учебной работы	Всего часов/ зач.ед.	Семестр ы	
		6	
	ОФО	ОФО	
<b>Контактная работа</b>	48/1,33	48/1,33	
В том числе:			
Лекции	17/0,47	17/0,47	
Практические занятия	31/0,86	31/0,86	
Семинары			
Лабораторные работы			
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	60/1,66	60/1,66	
В том числе:			
Курсовая работа (проект)			
Рефераты	10/0,27	10/0,27	
<i>И (или) другие виды самостоятельной работы:</i>			
Темы для самостоятельного изучения	30/1,66	30/1,66	
Подготовка к практическим занятиям	10/0,27	10/0,27	
Подготовка к зачету	10/0,27	10/0,27	
<b>Вид отчетности</b>	экз	экз	
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>ВСЕГО в часах</b>	<b>108</b>	<b>108</b>
	<b>ВСЕГО в зач. единицах</b>	<b>3</b>	<b>3</b>

#### 5. Содержание дисциплины

##### 5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Таблица 2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины по семестрам	Лекц. зан. часы	Практ. зан. часы	Всего часов
		ОФО	ОФО	ОФО
1	Призабойная зона пласта Влияние организационно-технических факторов на состояние призабойной зоны пласта	1	2	6
2	Влияние коллекторских и физико-химических свойств на состояние призабойной зоны пласта	2	2	6
3	Обработка скважин растворами поверхностно-активного вещества	2	4	6
4	Анализ и составление методики обработки скважин растворами ПАВ	2	4	6
5	Анализ кислотных обработок полимиктовых коллекторов	2	4	6
6	Разработка метода глинокислотных обработок полимиктовых коллекторов	2	4	6

7	Усовершенствование методики глинокислотных обработок полимиктовых коллекторов	2	4	6
8	Технология проведения глинокислотных обработок скважин	2	4	6
9	Физико-химические методы обработки призабойной зоны пласта и скважин. Специальные методы обработки скважин	2	3	6

## 5.2. Лекционные занятия

Таблица 3

№ пп	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	Введение	Цели и задачи дисциплины. История развития дисциплины в России и зарубежом
2	Призабойная зона пласта	Состояние призабойной зоны пласта. Проницаемость призабойной зоны пласта. Причины ухудшения проницаемости призабойной зоны пласта
3	Влияние организационно-технических факторов на состояние призабойной зоны пласта	Влияние репрессии бурового раствора на продуктивность скважины. Роль качества бурового раствора в гидродинамическом совершенстве скважин. Зависимость гидродинамического совершенства скважин от времени воздействия бурового раствора на пласт.
4	Влияние коллекторских и физико-химических свойств на состояние призабойной зоны пласта	Влияние литологических и коллекторских свойств на ухудшение проницаемости призабойной зоны пласта. Зависимости продуктивности и гидродинамического совершенства скважин от типа коллектора. Влияние трещин на приток газа из пласта. Влияние физико-химических свойств жидкости на гидродинамическое совершенство скважин.
5	Обработка скважин растворами поверхностно-активного вещества	Виды, назначение и требования к поверхностно-активным веществам. Опыт применения поверхностно-активных веществ для улучшения проницаемости призабойной зоны пласта. Результаты комплексных экспериментов обработок скважин.
6	Анализ и составление методики обработки скважин растворами ПАВ	Анализ глинистых частиц и эмульсии, содержащихся в жидкости, извлекаемой из пласта. Анализ результатов обработок скважин, вскрывших коллектор. Анализ обработок призабойной зоны скважин. Методика выбора объема и концентрации раствора.
7	Анализ кислотных обработок полимиктовых коллекторов	Обоснование массового промышленного внедрения кислотных обработок скважин. Характеристика кислотного раствора и причины снижения эффективности обработок. Механизм действия кислот на карбонатные и терригенные

		коллекторы. Добавки в кислотные растворы. Анализ солянокислотных обработок.
8	Разработка метода глинокислотных обработок полимиктовых коллекторов	Опыт внедрения глинокислотных обработок скважин. Исследование эффективности растворов с бифторидом аммония. Химическая активность кислотных растворов. Основные реакции глинокислотного раствора с глинистыми фракциями пластового полимиктового цемента. Многорастворные глинокислотные обработки полимиктовых теригенных коллекторов.
9	Усовершенствование методики глинокислотных обработок полимиктовых коллекторов	Влияние водонасыщенности продуктивного пласта на эффективность глинокислотных растворов. Влияние трещиноватости породы на результаты кислотных обработок. Влияние давления и времени на растворение пластового цемента в кислотных растворах.
10	Технология проведения глинокислотных обработок скважин	Технологические схемы глинокислотных обработок скважин. Подготовка к проведению глинокислотных обработок. Приготовление глинокислотного раствора. Подготовка скважины к глинокислотной обработке. Способы проведения глинокислотных обработок.
11	Физико-химические методы обработки призабойной зоны пласта и скважин	Обработка призабойной зоны пласта раствором гидрофобизатора. Применение водных растворов извести для селективных, многократных кислотных обработок и гидроразрыва пласта. Направление и пути совершенствования глинокислотных обработок.
12	Специальные методы обработки скважин	Кислотная обработка для повышения эффективности изоляции пластовых вод. Обработка скважин аэрированными глинокислотными растворами. Интенсификация притока нефти и подготовительный этап к кислотной обработке путем выщелачивания соли из пласта. Удаление жидкости из призабойной части ствола газовой скважины.

### 5.3. Лабораторный практикум (не предусмотрены)

### 5.4. Практические занятия

Таблица 4

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	Призабойная зона пласта	Обработка материалов исследования скважин на приток. Типовая задача
2	Влияние организационно-технических факторов на состояние призабойной зоны пласта	Зависимость гидродинамического совершенства скважин от времени воздействия бурового раствора на пласт.
3	Влияние коллекторских и физико-химических свойств на состояние призабойной зоны пласта	Определение минимального забойного давления фонтанирования скважины и среднего удельного веса нефтегазовой смеси в подъемных трубах.
4	Обработка скважин растворами поверхностно-активного вещества	Опыт применения поверхностно-активных веществ для улучшения проницаемости призабойной зоны пласта. Обработка забоя скважин- типовые задачи.
5	Анализ и составление методики обработки скважин растворами ПАВ	Методика выбора объема и концентрации раствора ПАВ.
6	Анализ кислотных обработок полимиктовых коллекторов	Влияние асфальтосмолистых веществ на эффективность глинокислотных обработок.
7	Разработка метода глинокислотных обработок полимиктовых коллекторов	Основные реакции глинокислотного раствора с глинистыми фракциями пластового полимиктового цемента. Обработка забоя скважин- типовые задачи.
8	Усовершенствование методики глинокислотных обработок полимиктовых коллекторов	Влияние водонасыщенности продуктивного пласта на эффективность глинокислотных растворов.
9	Технология проведения глинокислотных обработок скважин	Способы проведения глинокислотных обработок. Обработка забоя скважин- типовые задачи.
10	Физико-химические методы обработки призабойной зоны пласта и скважин	Расчет автоматического (летающего) скребка для очистки фонтанных труб парафина. Обработка забоя скважин- типовые задачи.

### 6. Самостоятельная работа студентов по дисциплине Вопросы для самостоятельного изучения

1. Применение ПАВ и композиций на их основе для увеличения нефтеотдачи пластов.
2. Влияние коллекторских и физико-химических свойств на состояние призабойной зоны пласта
3. Влияние литологических и коллекторских свойств на ухудшение проницаемости призабойной зоны пласта.
4. Зависимости продуктивности и гидродинамического совершенства скважин от типа коллектора.
5. Влияние трещин на приток нефти из пласта.

6. Влияние физико-химических свойств жидкости на гидродинамическое совершенство скважин.
7. Обработка скважин растворами поверхностно-активного вещества
8. Виды, назначение и требования к поверхностно-активным веществам.
9. Опыт применения поверхностно-активных веществ для улучшения проницаемости призабойной зоны пласта.
10. Технология проведения глинокислотных обработок скважин
11. Технологические схемы глинокислотных обработок скважин.
12. Подготовка к проведению глинокислотных обработок.
13. Приготовление глинокислотного раствора.
14. Подготовка скважины к глинокислотной обработке.
15. Способы проведения глинокислотных обработок.
16. Физико-химические методы обработки призабойной зоны пласта и скважин
17. Обработка призабойной зоны пласта раствором гидрофобизатора.
18. Применение водных растворов извести для селективных, многократных кислотных обработок и гидроразрыва пласта.
19. Направление и пути совершенствования глинокислотных обработок.
20. Специальные методы обработки скважин
21. Кислотная обработка для повышения эффективности изоляции пластовых вод.
22. Обработка скважин азрированными глинокислотными растворами.
23. Интенсификация притока нефти и подготовительный этап к кислотной обработке путем выщелачивания соли из пласта.
24. Удаление жидкости из призабойной части ствола газовой скважины.
25. Оборудования фонтанных скважин
26. Технология проведения глинокислотных обработок скважин
27. Технологические схемы глинокислотных обработок скважин.
28. Подготовка к проведению глинокислотных обработок.
29. Приготовление глинокислотного раствора.
30. Подготовка скважины к глинокислотной обработке.

## **6.2 Темы для написания рефератов**

1. Способы проведения глинокислотных обработок.
2. Физико-химические методы обработки призабойной зоны пласта и скважин
3. Обработка призабойной зоны пласта раствором гидрофобизатора.
4. Применение водных растворов извести для селективных, многократных кислотных обработок и гидроразрыва пласта.
5. Направление и пути совершенствования глинокислотных обработок.
6. Специальные методы обработки скважин
7. Кислотная обработка для повышения эффективности изоляции пластовых вод.
8. Обработка скважин азрированными глинокислотными растворами.
9. Интенсификация притока нефти и подготовительный этап к кислотной обработке путем выщелачивания соли из пласта.
10. Удаление жидкости из призабойной части ствола газовой скважины.
11. Обработка скважин растворами поверхностно-активного вещества
12. Виды, назначение и требования к поверхностно-активным веществам.
13. Опыт применения поверхностно-активных веществ для улучшения проницаемости призабойной зоны пласта.
14. Отмывающая способность раствора ПАВ и влияние поверхностной активности асфальто-смолистых веществ нефтей.
15. Результаты комплексных экспериментов обработок скважин растворами ПАВ.
16. Анализ и составление методики обработки скважин растворами ПАВ

17. Анализ глинистых частиц и эмульсии, содержащихся в жидкости, извлекаемой из пласта.
18. Анализ результатов обработок растворами ПАВ скважин, вскрывших пористо-трещиноватый коллектор.
19. Анализ обработок призабойной зоны скважин трещиноватых пластов.
20. Результаты обработок ПАВ нагнетательных скважин.

### **Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы**

1. 1. Бабак С.В. Эффективность технологий интенсификации добычи нефти и повышения нефтеотдачи пластов [Электронный ресурс]/ Бабак С.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: Геоинформмарк, Геоинформ, 2008.— 108 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16888.html>.
2. Квеско Б.Б., Методы и технологии поддержания пластового давления [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Квеско Б.Б. - М. : Инфра-Инженерия, 2018. - 128 с. - ISBN 978-5-9729-0214-9 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785972902149.html>.
3. Арбузов В.Н. Сборник задач по технологии добычи нефти и газа в осложненных условиях [Электронный ресурс]: практикум/ Арбузов В.Н., Курганова Е.В.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский политехнический университет, 2015.— 68 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/34711.html>.

### **7. Оценочные средства**

#### **Вопросы к первой рубежной аттестации**

1. Цели и задачи дисциплины. История развития дисциплины в России и зарубежом
2. Состояние призабойной зоны пласта.
3. Проницаемость призабойной зоны пласта.
4. Причины ухудшения проницаемости призабойной зоны пласта
5. Влияние организационно-технических факторов на состояние призабойной зоны пласта
6. Влияние репрессии бурового раствора на продуктивность скважины.
7. Роль качества бурового раствора в гидродинамическом совершенстве скважин. Зависимость гидродинамического совершенства скважин от времени воздействия бурового раствора на пласт.
8. Влияние коллекторских и физико-химических свойств на состояние призабойной зоны пласта
9. Влияние литологических и коллекторских свойств на ухудшение проницаемости призабойной зоны пласта.
10. Зависимости продуктивности и гидродинамического совершенства скважин от типа коллектора.
11. Влияние трещин на приток нефти из пласта.
12. Влияние физико-химических свойств жидкости на гидродинамическое совершенство скважин.
13. Обработка скважин растворами поверхностно-активного вещества
14. Виды, назначение и требования к поверхностно-активным веществам.
15. Опыт применения поверхностно-активных веществ для улучшения проницаемости призабойной зоны пласта.
16. Отмывающая способность раствора ПАВ и влияние поверхностной активности асфальто-смолистых веществ нефтей.
17. Результаты комплексных экспериментов обработок скважин растворами ПАВ.
18. Анализ и составление методики обработки скважин растворами ПАВ



19. Анализ глинистых частиц и эмульсии, содержащихся в жидкости, извлекаемой из пласта. Анализ результатов обработок растворами ПАВ скважин, вскрывших пористо-трещиноватый коллектор.
20. Анализ обработок призабойной зоны скважин трещиноватых пластов.
21. Результаты обработок ПАВ нагнетательных скважин.
22. Методика выбора объема и концентрации раствора ПАВ.
23. Анализ кислотных обработок полимиктовых коллекторов
24. Обоснование массового промышленного внедрения кислотных обработок скважин.
25. Характеристика кислотного раствора и причины снижения эффективности обработок.
26. Механизм действия кислот на карбонатные и терригенные коллекторы.
27. Добавки в кислотные растворы.

### АТТЕСТАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Цели и задачи дисциплины. История развития дисциплины в России и зарубежом
2. Состояние призабойной зоны пласта.
3. Проницаемость призабойной зоны пласта.

### Вопросы к второй рубежной аттестации

1. Анализ солянокислотных обработок.
2. Разработка метода глинокислотных обработок полимиктовых коллекторов
3. Опыт внедрения глинокислотных обработок скважин.
4. Исследование эффективности растворов с бифторидом аммония.
5. Химическая активность кислотных растворов.
6. Основные реакции глинокислотного раствора с глинистыми фракциями пластового полимиктового цемента.
7. Многорастворные глинокислотные обработки полимиктовых терригенных коллекторов.
8. Усовершенствование методики глинокислотных обработок полимиктовых коллекторов
9. Влияние водонасыщенности продуктивного пласта на эффективность глинокислотных растворов.
10. Влияние асфальтосмолистых веществ на эффективность глинокислотных обработок. Влияние трещиноватости породы на результаты кислотных обработок.
11. Влияние давления и времени на растворение пластового цемента в кислотных растворах.
12. Технология проведения глинокислотных обработок скважин
13. Технологические схемы глинокислотных обработок скважин.
14. Подготовка к проведению глинокислотных обработок.
15. Приготовление глинокислотного раствора.
16. Подготовка скважины к глинокислотной обработке.
17. Способы проведения глинокислотных обработок.
18. Физико-химические методы обработки призабойной зоны пласта и скважин
19. Обработка призабойной зоны пласта раствором гидрофобизатора.
20. Применение водных растворов извести для селективных, многократных кислотных обработок и гидроразрыва пласта.
21. Направление и пути совершенствования глинокислотных обработок.
22. Специальные методы обработки скважин
23. Кислотная обработка для повышения эффективности изоляции пластовых вод.
24. Обработка скважин азрированными глинокислотными растворами.
25. Интенсификация притока нефти и подготовительный этап к кислотной обработке путем выщелачивания соли из пласта.

26. Удаление жидкости из призабойной части ствола газовой скважины.

### АТТЕСТАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Анализ солянокислотных обработок.
2. Разработка метода глинокислотных обработок полимиктовых коллекторов
3. Опыт внедрения глинокислотных обработок скважин.

### Вопросы к экзамену

1. Цели и задачи дисциплины. История развития дисциплины в России и зарубежом
2. Состояние призабойной зоны пласта.
3. Проницаемость призабойной зоны пласта.
4. Причины ухудшения проницаемости призабойной зоны пласта
5. Влияние организационно-технических факторов на состояние призабойной зоны пласта
6. Влияние репрессии бурового раствора на продуктивность скважины.
7. Роль качества бурового раствора в гидродинамическом совершенстве скважин. Зависимость гидродинамического совершенства скважин от времени воздействия бурового раствора на пласт.
8. Влияние коллекторских и физико-химических свойств на состояние призабойной зоны пласта
9. Влияние литологических и коллекторских свойств на ухудшение проницаемости призабойной зоны пласта.
10. Зависимости продуктивности и гидродинамического совершенства скважин от типа коллектора.
11. Влияние трещин на приток нефти из пласта.
12. Влияние физико-химических свойств жидкости на гидродинамическое совершенство скважин.
13. Обработка скважин растворами поверхностно-активного вещества
14. Виды, назначение и требования к поверхностно-активным веществам.
15. Опыт применения поверхностно-активных веществ для улучшения проницаемости призабойной зоны пласта.
16. Отмывающая способность раствора ПАВ и влияние поверхностной активности асфальто-смолистых веществ нефтей.
17. Результаты комплексных экспериментов обработок скважин растворами ПАВ.
18. Анализ и составление методики обработки скважин растворами ПАВ
19. Анализ глинистых частиц и эмульсии, содержащихся в жидкости, извлекаемой из пласта. Анализ результатов обработок растворами ПАВ скважин, вскрывших пористо-трещиноватый коллектор.
20. Анализ обработок призабойной зоны скважин трещиноватых пластов.
21. Результаты обработок ПАВ нагнетательных скважин.
22. Методика выбора объема и концентрации раствора ПАВ.
23. Анализ кислотных обработок полимиктовых коллекторов
24. Обоснование массового промышленного внедрения кислотных обработок скважин.
25. Характеристика кислотного раствора и причины снижения эффективности обработок.
26. Механизм действия кислот на карбонатные и терригенные коллекторы.
27. Добавки в кислотные растворы.
28. Анализ солянокислотных обработок.
29. Разработка метода глинокислотных обработок полимиктовых коллекторов
30. Опыт внедрения глинокислотных обработок скважин.
31. Исследование эффективности растворов с бифторидом аммония.
32. Химическая активность кислотных растворов.

33. Основные реакции глинокислотного раствора с глинистыми фракциями пластового полимиктового цемента.
34. Многорастворные глинокислотные обработки полимиктовых теригенных коллекторов.
35. Усовершенствование методики глинокислотных обработок полимиктовых коллекторов
36. Влияние водонасыщенности продуктивного пласта на эффективность глинокислотных растворов.
37. Влияние асфальтосмолистых веществ на эффективность глинокислотных обработок. Влияние трещиноватости породы на результаты кислотных обработок.
38. Влияние давления и времени на растворение пластового цемента в кислотных растворах.
39. Технология проведения глинокислотных обработок скважин
40. Технологические схемы глинокислотных обработок скважин.
41. Подготовка к проведению глинокислотных обработок.
42. Приготовление глинокислотного раствора.
43. Подготовка скважины к глинокислотной обработке.
44. Способы проведения глинокислотных обработок.
45. Физико-химические методы обработки призабойной зоны пласта и скважин
46. Обработка призабойной зоны пласта раствором гидрофобизатора.
47. Применение водных растворов извести для селективных, многократных кислотных обработок и гидроразрыва пласта.
48. Направление и пути совершенствования глинокислотных обработок.
49. Специальные методы обработки скважин
50. Кислотная обработка для повышения эффективности изоляции пластовых вод.
51. Обработка скважин аэрированными глинокислотными растворами.
52. Интенсификация притока нефти и подготовительный этап к кислотной обработке путем выщелачивания соли из пласта.
53. Удаление жидкости из призабойной части ствола газовой скважины.

### Для экзамена

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени академика М.Д. Миллионщикова

### БИЛЕТ № 1

Дисциплина «Повышение продуктивности скважин»

Институт нефти и газа \_\_\_\_\_ профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти» семестр \_\_\_\_\_

1. Обработка скважин растворами поверхностно-активного вещества
2. Физико-химические методы обработки призабойной зоны пласта и скважин
3. Отмывающая способность раствора ПАВ и влияние поверхностной активности асфальтосмолистых веществ нефтей.

УТВЕРЖДАЮ:

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 201 г. Зав. кафедрой «БРЭНГМ»

Халадов А.Ш.

## Текущий контроль

1. Расскажите про гидropескоструйную перфорацию
2. Расчет гидropескоструйной перфорации

Образец методики расчета.

Для проведения гидropескоструйной перфорации в скважине диаметром  $D = 15$  см и глубиной  $H = 1500$  м требуется определить расход рабочей жидкости, общее количество необходимых жидкости, песка и насосных агрегатов, гидравлические потери напора, давление жидкости на выходе из насадок, предельно безопасную длину подвески насосно-компрессорных труб и удлинение этих труб.

1. Расход жидкости (воды) определится из формулы

$$Q = n\varphi f 10 \sqrt{\frac{20g\Delta p}{\rho_{см}}} \text{ см}^3/\text{с} \quad (1)$$

где  $n = 4$  – число насадок диаметром 4,5 мм;  $\varphi$  – коэффициент скорости, который можно принять равным коэффициенту расхода 0,82 (для коноидальной насадки);  $f = 0,158 \text{ см}^2$  – сечение отверстия насадки ( $0,785 \cdot 0,45^2$ );  $g = 981 \text{ см}/\text{с}^2$  – ускорение свободного падения;  $\Delta p$  – перепад давления в насадке (принимаем  $\Delta p = 200 \text{ кгс}/\text{см}^2$ ;  $\rho_{см}$  – плотность смеси воды с песком, которая равна

$$\rho_{см} = C(\rho_{п} - \rho_{в}) + \rho_{в}.$$

В последней формуле  $\rho_{п} = 2,7 \text{ г}/\text{см}^3$  – плотность песка;  $\rho_{в} = 1 \text{ г}/\text{см}^3$  – плотность воды;  $C$  – объемная концентрация песка, которая равна

$$C = \frac{C_0}{C_0 + 1000\rho_n} \quad (2)$$

$$C = \frac{100}{100 + 1000 \cdot 2,7} = 0,0357$$

Здесь  $C_0 = 100 \text{ г}/\text{л}$  – весовая концентрация песка.

2. Найдем общее количество жидкости, песка и насосных агрегатов, необходимых для проведения перфорации.

Необходимое количество жидкости устанавливается из расчета двух объемов скважины (один объем для транспортировки песка на забой скважины и один объем для промывки по окончании процесса) плюс 0,3 объема на потерю фильтрации в пласт.

Таким образом,

$$Q_m = 2,3V$$

где объем скважины  $V = 0,0177 \cdot 1500 = 26,5 \text{ м}^3$ .

Необходимое количество кварцевого песка

$$Q_{п} = 1,3VC_0$$

Насосных агрегатов 2АН-500 должно быть два, из них один рабочий, который обеспечивает необходимый расход жидкости (9,9 л/с), а второй запасной.

3. Гидравлические потери напора  $p$  при гидropескоструйной перфорации будут

$$p = \Delta p_{т} + \Delta p_{к} + \Delta p_{н} + \Delta p_{п} \text{ кгс}/\text{см}^2,$$

где  $\Delta p_{т}$  – потери напора в трубах в  $\text{кгс}/\text{см}^2$ ;

$\Delta p_{к}$  – потери напора в кольцевом пространстве в  $\text{кгс}/\text{см}^2$ ;

$\Delta p_{н}$  – потери напора в насадках в  $\text{кгс}/\text{см}^2$ ;

$\Delta p_{п}$  – потери напора в полости, образованной струей, в  $\text{кгс}/\text{см}^2$ .

Определим значения составляющих общей потери напора.

Потери напора в трубах

$$\Delta p_m = 82,5\lambda_m\rho_{см} \frac{Q^2 H}{d^5} \quad (3)$$

где  $\lambda_m = 0,035$  – коэффициент трения при движении воды в 6,2-см трубах;  $Q = 9,9$  л/с – расход жидкости;  $H = 1500$  м – глубина спуска труб;  $d = 6,2$  см – внутренний диаметр насосно-компрессорных труб.

Потери напора в кольцевом пространстве

$$\Delta p_k = \frac{82,5 \cdot 10^{-6} \cdot \lambda_k \cdot \rho_{см} \cdot Q^2 \cdot H}{(D^2 - d^2)^2 \cdot (D - d)g} \text{ кгс/см}^2 \quad (4)$$

где  $\lambda_k$  – коэффициент трения при движении воды в кольцевом пространстве;  $Q = 9,9$  л/с, или  $9900 \text{ см}^3/\text{с}$ ;  $H = 1500 \cdot 10^2 \text{ см}$ ;  $D = 15 \text{ см}$  – внутренний диаметр эксплуатационной колонны;  $d = 7,3 \text{ см}$  – наружный диаметр насосно-компрессорных труб;  $g = 981 \text{ см/с}^2$  – ускорение свободного падения.

Для определения  $\lambda_k$  найдем число Рейнольдса по Минцу и Шуберту:

$$\text{Re} = \frac{\rho_{см} \cdot w \cdot \delta}{\mu_{см} \cdot 6 \cdot (1 - m)} \quad (5)$$

где  $w$  скорость движения жидкостной смеси в кольцевом сечении между 15-см и 7,3-см колоннами труб, которая будет равна

$$w = \frac{Q}{0,785(D^2 - d^2)} \quad (6)$$

$\delta = 0,05 \text{ см}$  – средний диаметр зерен песка;  $m$  – условная пористость твердой фазы в трубах. Значение  $m$  определяется из выражения

$$m = 1 - \frac{\rho_{см} - \rho_{ж}}{\rho_n} \quad (7)$$

Величина  $\mu_{см}$  – вязкость песчано-жидкостной смеси в пз или в  $\text{г/см} \cdot \text{с}$  – определяется по формуле

$$\mu_{см} = \beta_e e^{3,18C} \quad (8)$$

где  $C$  – объемная концентрация песка ( $C = 0,0357$ );  $e$  – основание натуральных логарифмов;  $\mu_{см} = 1 \cdot 2,718^{3,18 \cdot 0,0357} = 1,119$  спз, или  $0,01119$  пз.

В целях облегчения расчетов  $\Delta p_m$  и  $\Delta p_k$  – для промысловых труб условного диаметра 60, 73, 89 и 114 мм при наличии в воде кварцевого песка различной концентрации (50, 100 и 160 г/л) можно пользоваться специальными графиками.

Потери напора в насадках  $\Delta p_n$  нами приняты равными  $200 \text{ кгс/см}^2$  при расходе жидкости  $Q = 9,9$  л/с. Они могут быть определены из приведенной выше формулы расхода (1), решенной относительно  $\Delta p$ :

$$\Delta p_n = \frac{5 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2 \rho_{см}}{n^2 f^2 \varphi^2 g} \quad (9)$$

Потери напора в полости  $\Delta p_n$ , образованной абразивной струей, по опытным данным изменяются в пределах  $20 \div 50 \text{ кгс/см}^2$ . Принимаем среднее значение  $\Delta p_n = 35 \text{ кгс/см}^2$ .

Общие гидравлические потери напора составят

$$p = 49,1 + 4,0 + 200 + 35 \approx 288 \text{ кгс/см}^2 \text{ (28 МПа)}.$$

4. Давление жидкости с песком на выходе из насадок будет

$$p_o = p_y + 0,1H\rho_{см} - p, \text{ кгс/см}^2 \quad (10)$$

где  $p_y$  – давление на устье скважины при работе насосного агрегата 2АН-500 на  $V$  скорости (расход  $9,5$  л/с), равное  $222 \text{ кгс/см}^2$ ;

$$p_o = 222 + 0,1 \cdot 1500 \cdot 1,06 - 288 = 93 \text{ кгс/см}^2 \text{ (9 МПа)}.$$

5. Предельно безопасная длина подвески 7,3-см труб при циркуляции жидкости определяется по формуле

$$L = \frac{\frac{Q_{cmp}}{K} - f_k p_y}{q_m}, \text{ м} \quad (11)$$

где  $Q_{стр} = 38\ 800$  кгс — срагивающая нагрузка для резьбового соединения гладких насосно-компрессорных труб из стали 36Г2С;  $K = 1,5$  – коэффициент запаса прочности;  $f_k = 30,2$  см<sup>2</sup> – площадь проходного сечения труб;  $p_y = 222$  кгс/см<sup>2</sup>;  $q_T$  – вес в жидкости 1 м 7,3-см труб с муфтами;  $q_m = 9,46 - f_{трсм} = 9,46 - 0,117 \cdot 1,06 = 8,2$  кгс ( $f_m$  – площадь поперечного сечения тела трубы, равная 0,117 дм<sup>2</sup>). Тогда

Максимально возможная длина спуска тех же труб при отсутствии циркуляции жидкости (в случае ее полного поглощения) будет

$$L = \frac{\frac{Q_{стр}}{K} - f_k p_y}{q'_m + 0,1 \cdot f_k \cdot \rho_{см}}, \text{ м} \quad (12)$$

где  $q'_m = 9,46$  кгс – вес 1 м 7,3-см труб с муфтами без учета потери веса в жидкости, так как в затрубном пространстве жидкость отсутствует;

б. Определим удлинение насосно-компрессорных труб под действием общей нагрузки.

По закону Гука, удлинение труб

$$\Delta L = \frac{GL}{Ef_m} \text{ м}, \quad (13)$$

где  $G$  – общая нагрузка на трубы в кгс;  $L = 1500$  м – длина колонны труб;  $E = 2,1 \cdot 10^6$  кгс/см<sup>2</sup> – модуль упругости;  $f_m = 11,66$  см<sup>2</sup> – площадь поперечного сечения тела 7,3-см трубы.

При циркуляции жидкости

$$G = q_m \frac{L}{2} - \Delta p_k f_n + f_k \left( p_y - \frac{\Delta p_m}{2} \right) \quad (14)$$

где  $q_m$  – вес в жидкости 1 м 7,3-см труб с муфтами, равный 8,2 кгс;  $q_m \frac{L}{2}$  – нагрузка от собственного веса труб с муфтами;  $f_n = 41,84$  см<sup>2</sup> – поперечное сечение 7,3-см труб по наружному диаметру;  $f_k = 30,2$  см<sup>2</sup> – площадь проходного сечения 7,3-см труб.

При отсутствии циркуляции жидкости

$$G' = q'_m \frac{L}{2} + f_k \left( 0,1 \cdot L \cdot \rho_{см} + p_y - \frac{\Delta p_m}{2} \right) \quad (15)$$

где  $q'_m = 9,46$  кгс – вес в воздухе 1 м 7,3-см труб с муфтами.

Удлинение труб при отсутствии циркуляции жидкости

$$\Delta L' = \frac{G'L}{Ef_m} \quad (16)$$

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### *а) основная литература:*

4. Бабак С.В. Эффективность технологий интенсификации добычи нефти и повышения нефтеотдачи пластов [Электронный ресурс]/ Бабак С.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: Геоинформмарк, Геоинформ, 2008.— 108 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16888.html>.
5. Квеско Б.Б., Методы и технологии поддержания пластового давления [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Квеско Б.Б. - М. : Инфра-Инженерия, 2018. - 128 с. - ISBN 978-5-9729-0214-9 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785972902149.html>.
6. Арбузов В.Н. Сборник задач по технологии добычи нефти и газа в осложненных условиях [Электронный ресурс]: практикум/ Арбузов В.Н., Курганова Е.В.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский политехнический университет, 2015.— 68 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/34711.html>.
7. Петраков Д.Г. Разработка нефтяных и газовых месторождений [Электронный ресурс]: учебник/ Петраков Д.Г., Мардашов Д.В., Максютин А.В.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2016.— 526 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/71703.html>.
8. Применение поверхностно-активных веществ в процессах подготовки и транспортировки нефти [Электронный ресурс]: монография/ Н.Ю. Башкирцева [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2016.— 168 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/62245.html>.

### *б) дополнительная литература:*

1. Нефть и газ [Электронный ресурс] / - М. : Горная книга, 2013. - 272 с. - ISBN 0236-1493-2013-48 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/GK-0236-1493-2013-48.html>
2. Сизов В.Ф. Управление разработкой залежей нефти с трудноизвлекаемыми запасами [Электронный ресурс]: учебное пособие. Курс лекций/ Сизов В.Ф.— Электрон. текстовые данные.— Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2014.— 136 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63148.html>.
3. Савенок О.В., Методы прогнозирования факторов затруднения нефтедобычи с осложнёнными условиями и анализ принципов информационных управляющих систем [Электронный ресурс] / Савенок О.В. - М. : Горная книга, 2013. - 54 с. - ISBN 0236-1493-2013-57 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/0236-1493-2013-57.html>.

## **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Для проведения лекции пользуются плакатами, макетами (фонтанная арматура, станок-качалка) и оборудования.

Технические средства обучения – сосредоточены в лабораториях кафедры «БРЭНГМ» (лаб. 2-33 и 2-35).

В лаборатории содержатся электронные версии лекций методических указаний к выполнению практических заданий.



**Составитель:**

к.т.н., доцент кафедры «БРЭНГМ»



/А.Ш. Халадов/

**Согласовано:**

Зав. кафедрой «БРЭНГМ» к.т.н., доцент



/А.Ш.Халадов/

Директор ДУМР к.ф.-м.н., доцент



/М.А. Магомаева/