

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор  
по образовательной деятельности КФУ  
Проф. Минзарипов Р.Г.

"\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Программа дисциплины**  
Подземная гидродинамика Б1.В.ДВ.6

Направление подготовки: 03.04.03 - Радиофизика  
Профиль подготовки: Электромагнитные волны в средах  
Квалификация выпускника: магистр  
Форма обучения: очное  
Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Куштанова Г.Г.

**Рецензент(ы):**

Овчинников М.Н.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Овчинников М. Н.  
Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от "\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г  
Учебно-методическая комиссия Института физики:  
Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от "\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No

Казань  
2015

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, д.н. (доцент) Куштанова Г.Г. Кафедра радиоэлектроники Отделение радиофизики и информационных систем ,  
Galya.Kushtanova@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины (модуля) "Подземная гидродинамика" является изучение гидродинамической теории фильтрации жидкостей и газов в пористых средах и трещиновато-пористых средах, рассмотрение задач стационарной и нестационарной фильтрации, основных положений упругого режима, вопросов двухфазной фильтрации, особенностей фильтрации неньютоновских жидкостей, метода гидродинамического исследования пластов с помощью КВД\_КПД.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ДВ.6 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 03.04.03 Радиофизика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 2 курсе, 3 семестр.

Данная учебная дисциплина входит в вариативную часть раздела "Б.2. Естественно-математический цикл" ФГОС ВПО и ПрООП по направлению подготовки "Радиофизика".

Для освоения содержания дисциплины необходимо знание основ математического анализа, физики. Она формирует общекультурные и профессиональные компетенции, необходимые для прохождения учебной и производственной практик, освоения модулей профессионального цикла.

Курс предназначен для магистрантов 2 года обучения, 1 семестр

Направление: 010800.68: Радиофизика

Магистратура "Радиофизические методы по областям применения"

М2.ДВ.3, профессиональный цикл

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
опк-3	способностью к свободному владению знаниями фундаментальных разделов физики и радиофизики, необходимых для решения научно-исследовательских задач
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью использовать в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем и новейших достижений физики и радиофизики

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

гидродинамику фильтрационных процессов в пористых и трещиновато-пористых средах, законы фильтрации, математические модели фильтрации, основные соотношения между дебитом и давлением для простейших случаев, формулу Дюпюи, основную формулу упругого режима, основы двухфазной фильтрации, реологию нефтей,

2. должен уметь:

формулировать цель исследования, обосновать выбор метода и условия достижения цели, определять основные параметры отбора жидкости из пласта для конкретных условий,

3. должен владеть:

методами обработки результатов гидродинамических исследований пластов, таких как кривая восстановления давления и фильтрационные волны давления.

произвести расчеты дебита и давления в простейших случаях, обработать КВД-КПД в программе Saphir.

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 3 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Модели однофазной фильтрации	3	2	2	0	0	
2.	Тема 2. Одномерная установившаяся фильтрация несжимаемой жидкости и газа в пористой среде.	3	2-3	2	2	0	контрольная работа
3.	Тема 3. Приток жидкости к несовершенным и горизонтальным скважинам.	3	4	1	0	0	
4.	Тема 4. Неустановившееся движение упругой жидкости и газа в упругом пласте.	3	4	1	0	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
5.	Тема 5. Нестационарная фильтрация упругой жидкости и газа в пористой среде.	3	5-6	1	2	0	
6.	Тема 6. Движение границы раздела при взаимном вытеснении жидкостей.	3	6	1	0	0	
7.	Тема 7. Основы теории фильтрации многофазных систем.	3	7	2	0	0	
8.	Тема 8. Особенности фильтрации неньютоновской жидкости.	3	8	2	0	0	
9.	Тема 9. Современные методы анализа нестационарных режимов.	3	9-11	1	5	0	
10.	Тема 10. Анализ кривых восстановления и падения давления с помощью специализированного ПО Сапфир.	3	12-14	1	5	0	контрольная точка
	Тема . Итоговая форма контроля	3		0	0	0	зачет
	Итого			14	14	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

##### Тема 1. Модели однофазной фильтрации

###### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Законы сохранения. Уравнение неразрывности. Уравнение движения. Модели однофазной фильтрации по закону Дарси в недеформируемом пласте. Функция Лейбензона. Зависимость параметров флюидов и пористой среды от давления.

##### Тема 2. Одномерная установившаяся фильтрация несжимаемой жидкости и газа в пористой среде.

###### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Прямолинейно-параллельная фильтрация несжимаемой жидкости. Плоскорадиальная фильтрация несжимаемой жидкости. Аналогия между фильтрацией несжимаемой жидкости и газа. Плоскорадиальный поток в неоднородных пластах.

###### *практическое занятие (2 часа(ов)):*

Решение задач

##### Тема 3. Приток жидкости к несовершенным и горизонтальным скважинам.

###### *лекционное занятие (1 часа(ов)):*

Виды несовершенства скважин. Скин- эффект. Интенсификация скважин. Приток флюида к горизонтальным скважинам.

#### **Тема 4. Неустановившееся движение упругой жидкости и газа в упругом пласте.**

##### ***лекционное занятие (1 часа(ов)):***

Упругий режим пласта и его особенности. Математическая модель неустановившейся фильтрации упругой жидкости в упругом пласте. Вывод дифференциального уравнения фильтрации упругой жидкости в упругом пласте. Одномерные фильтрационные потоки упругой жидкости. Точные решения уравнения пьезопроводности. Основная формула теории упругого режима. Метод последовательной смены стационарных состояний.

#### **Тема 5. Нестационарная фильтрация упругой жидкости и газа в пористой среде.**

##### ***лекционное занятие (1 часа(ов)):***

Кривые восстановления давления. Методы обработки КВД.

##### ***практическое занятие (2 часа(ов)):***

Обработка кривой восстановления давления

#### **Тема 6. Движение границы раздела при взаимном вытеснении жидкостей.**

##### ***лекционное занятие (1 часа(ов)):***

Плоскорадиальное вытеснение нефти водой. Распределение давления. Устойчивость движения границы раздела жидкостей.

#### **Тема 7. Основы теории фильтрации многофазных систем.**

##### ***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

Обобщенный закон Дарси. Одномерные модели вытеснения несмешивающихся жидкостей. Оценка влияния гравитационных и капиллярных сил. Математическая модель многофазной фильтрации. Построение задачи Баклея-Леверетта. Практическое применение решения уравнения Баклея-Леверетта. Расчет коэффициента нефтеотдачи. Определение относительных фазовых проницаемостей.

#### **Тема 8. Особенности фильтрации неньютоновской жидкости.**

##### ***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

Реологические свойства фильтрующихся жидкостей. Классификация неньютоновских жидкостей. Закон фильтрации вязкопластичной жидкости в идеальной пористой среде. Плоскорадиальный фильтрационный поток вязкопластичной жидкости. Образование застойных зон при вытеснении нефти водой. Учет явлений запаздывания в теории фильтрации

#### **Тема 9. Современные методы анализа нестационарных режимов.**

##### ***лекционное занятие (1 часа(ов)):***

Типичные режимы фильтрационных потоков для вертикальной, горизонтальной и скважины с ГРП, для бесконечного, ограниченного и пласта с одним нарушением. Коэффициент влияния ствола скважины. Билогарифмический график. Логарифмическая производная давления. Характеристические графики различных течений. Влияние условий призабойной зоны: влияние объема ствола скважины, скин-эффекта.

##### ***практическое занятие (5 часа(ов)):***

Определение режимов фильтрационных потоков. Характеристические графики различных течений.

#### **Тема 10. Анализ кривых восстановления и падения давления с помощью специализированного ПО Сапфир.**

##### ***лекционное занятие (1 часа(ов)):***

Вертикальная скважина с трещиной бесконечной проводимости, конечной проводимости. Несовершенная по степени вскрытия скважина. Горизонтальная скважина. Влияние границ области: закрытый истощаемый пласт, постоянного давления, одиночный разлом, два параллельных разлома. Трещиновато-пористый коллектор. Исследование скважин методом КВД для истощаемого пласта, при переменном дебите перед остановкой.

##### ***практическое занятие (5 часа(ов)):***

Анализ КВД-КПД с помощью ПО Сапфир.

### 4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

№	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоёмкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
2.	Тема 2. Одномерная установившаяся фильтрация несжимаемой жидкости и газа в пористой среде.	3	2-3	подготовка к контрольной работе	4	контрольная работа
3.	Тема 3. Приток жидкости к несовершенным и горизонтальным скважинам.	3	4	работа с литературой	4	устный опрос
4.	Тема 4. Неустановившееся движение упругой жидкости и газа в упругом пласте.	3	4	работа с литературой	4	устный опрос
5.	Тема 5. Нестационарная фильтрация упругой жидкости и газа в пористой среде.	3	5-6	работа с литературой	4	устный опрос
6.	Тема 6. Движение границы раздела при взаимном вытеснении жидкостей.	3	6	работа с литературой	2	устный опрос
7.	Тема 7. Основы теории фильтрации многофазных систем.	3	7	работа с литературой	6	устный опрос
8.	Тема 8. Особенности фильтрации неньютоновской жидкости.	3	8	работа с литературой	4	устный опрос
9.	Тема 9. Современные методы анализа нестационарных режимов.	3	9-11	работа с литературой	8	тестирование
10.	Тема 10. Анализ кривых восстановления и падения давления с помощью специализированного ПО Сапфир.	3	12-14	Работа с литературой и со специализированным ПО	8	отчет
	Итого				44	

### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Используются такие интерактивные формы обучения как обсуждение теоретических вопросов, решение задач, компьютерная обработка данных гидродинамических исследований в пакете Saphir, применение роли экспертов для студентов.

## **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

### **Тема 1. Модели однофазной фильтрации**

### **Тема 2. Одномерная установившаяся фильтрация несжимаемой жидкости и газа в пористой среде.**

контрольная работа , примерные вопросы:

Решение задач

### **Тема 3. Приток жидкости к несовершенным и горизонтальным скважинам.**

устный опрос, примерные вопросы:

проверка усвоения понятий несовершенства скважин и скин эффекта

### **Тема 4. Неустановившееся движение упругой жидкости и газа в упругом пласте.**

устный опрос, примерные вопросы:

проверка знания и понимания основной формулы теории упругого режима.

### **Тема 5. Нестационарная фильтрация упругой жидкости и газа в пористой среде.**

устный опрос, примерные вопросы:

проверка понимания методов обработки КВД

### **Тема 6. Движение границы раздела при взаимном вытеснении жидкостей.**

устный опрос, примерные вопросы:

проверка знания и понимания процесса.

### **Тема 7. Основы теории фильтрации многофазных систем.**

устный опрос, примерные вопросы:

проверка знания и понимания коэффициента нефтеотдачи, определение относительных фазовых проницаемостей.

### **Тема 8. Особенности фильтрации неньютоновской жидкости.**

устный опрос, примерные вопросы:

понимание влияния реологических свойств жидкости на процесс фильтрации

### **Тема 9. Современные методы анализа нестационарных режимов.**

тестирование, примерные вопросы:

на определение фльтрационного режима, его признаков, применяемых характеристических графиков

### **Тема 10. Анализ кривых восстановления и падения давления с помощью специализированного ПО Сапфир.**

отчет , примерные вопросы:

выполнение анализа тестовых и промысловых данных гидродинамических исследований с применением специализированного ПО, написание отчета

### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

Для аттестации студентов выполняется решение задач по основным разделам дисциплины.

Контрольная работа: компьютерная обработка данных гидродинамических исследований в пакете Saphir, определение параметров.

Вопросы к зачету:

1. Математическая модель плоскорадиальной фильтрации несжимаемой жидкости.



2. Функция Лейбензона и ее назначение.
3. Виды несовершенства скважин. Скин-эффект.
4. Математическая модель плоскорадиальной фильтрации упругой ой жидкости в упругом пласте.
5. Основная формулой упругого режима. Какую задачу она решает?
6. Модель Бакли-Лeverетта.
7. Движение жидкости в трещиновато-пористых средах.
8. Определение параметров пласта по данным исследований на неустановившемся режиме методами МДХ и Хорнера.
9. Типичные режимы фильтрационных потоков.
10. Логарифмическая производная давления.
11. Характеристические графики различных течений.
12. Влияние границ области: закрытый истощаемый пласт, постоянного давления, одиночный разлом, два параллельных разлома.
13. Трещиновато-пористый коллектор.

### 7.1. Основная литература:

1. Куштанова, Г.Г. Подземная гидромеханика. (уч.-метод. пособие) [электронный ресурс] / Г.Г. Куштанова, М.Н.Овчинников./ Казань: Изд-во Казан.(Приволж.) федер. ун-та, 2010. - 67 с.[http://www.kpfu.ru/docs/F1070764481/ovchin\\_kushtan\\_podzemn\\_gidromehanika.pdf](http://www.kpfu.ru/docs/F1070764481/ovchin_kushtan_podzemn_gidromehanika.pdf)
2. Мазо А.Б. Гидродинамика : учебное пособие для студентов нематематических факультетов / А. Б. Мазо, К. А. Поташев; Казан. (Приволж.) федер. ун-т. Изд. 2. Казань : Казанский университет, 2013 . 124 с. URL:<http://libweb.ksu.ru/ebooks/publicat/0-772753.pdf>
3. Петров А.Г. Аналитическая гидродинамика: учебное пособие / А.Г. Петров. - Москва: Физматлит, 2010 . - 518 с.

### 7.2. Дополнительная литература:

1. Басниев К.С.. Подземная гидромеханика/ К.С. Басниев, Н.М. Дмитриев, Р.Д.Каневская, В.М. Максимов. - М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2005.- 496 с.
2. Чарный И.А. Подземная гидрогазодинамика/ И.А. Чарный.- М.-Ижевск: Регуляр. и хаотич. динамика : Институт компьютерных исследований, 2006.- 414 с.
3. Басниев К.С.. Нефтегазовая гидромеханика/ К.С. Басниев, Н.М. Дмитриев, Г.Д. Розенберг. - М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2005.- 544 с-
4. Баренблатт Г.И. Движение жидкостей и газов в природных пластах / Г. И. Баренблатт, В. М. Ентов, В. М. Рыжик .? М. : Недра, 1984 .? 208 с. -1
- Басниев К.С.. Нефтегазовая гидромеханика/ К.С. Басниев, Н.М. Дмитриев, Г.Д. Розенберг. - М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2005.- 544 с
5. Houze O. Dynamic Flow Analysis/Olivier Houze, Didier Viturat, Ole S. Fjaere.-KAPPA, 2012.// <http://www.kappaeng.com/default.aspx>

### 7.3. Интернет-ресурсы:

- гидродинамические исследования скважин - <https://www.youtube.com/watch?v=XvDCEezxw7E>
- губкинский университет - [http://www.gubkin.ru/faculty/oil\\_and\\_gas\\_development/chairs\\_and\\_departments/field\\_development\\_and\\_o](http://www.gubkin.ru/faculty/oil_and_gas_development/chairs_and_departments/field_development_and_o)
- опыты с неньютоновской нефтью - <http://www.youtube.com/watch?v=unfbSxDLYi4>
- сайт фирмы КАППА - <http://www.kappaeng.com/software/saphir>
- тюменский нефтегазовый университет - <http://window.edu.ru/resource/541/46541/files/tgngu24.pdf>

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)**

Освоение дисциплины "Подземная гидродинамика" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

- студенты имеют возможность получать доступ к электронным ресурсам сети Интернет в аудитории для самостоятельной работы;
- стационарное и переносное демонстрационное оборудование (мультимедийные проекторы, ноутбуки)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 03.04.03 "Радиофизика" и магистерской программе Электромагнитные волны в средах .

Автор(ы):

Куштанова Г.Г. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Овчинников М.Н. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.