

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 М2.ДВ.3

Направление подготовки: 011800.68 - Радиофизика  
Профиль подготовки: Радиофизические методы по областям применений  
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  
2014

## 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 " М2.ДВ.3 Профессиональный" основной образовательной программы 011800.68 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
ОК-1 (общекультурные компетенции)	способность оперировать углубленными знаниями в области математики и естественных наук
ОК-3 (общекультурные компетенции)	способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности знания и умения, в том числе в новых областях, непосредственно не связанных со сферой деятельности, расширять и углублять свое научное мировоззрение
ОК-7 (общекультурные компетенции)	способность адаптироваться к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности, к изменению социокультурных и социальных условий деятельности

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 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. Законы сохранения. зависимость параметров флюидов и пористой среды от давления.	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	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
4.	Тема 4. Неустановившееся движение упругой жидкости и газа в упругом пласте.	3	4	1	0	0	
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	отчет
	Итого			14	14	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

**Тема 1. Законы сохранения. ависимость параметров флюидов и пористой среды от давления.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

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-Левверетта. Практическое применение решения уравнения Баклея-Левверетта. 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)**

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (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. Законы сохранения. ависимость параметров флюидов и пористой среды от давления.**

**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

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://kpfu.ru/main\\_page?p\\_sub=8350](http://kpfu.ru/main_page?p_sub=8350) (каф. сайт)
2. Houze O. Dynamic Flow Analysis /Olivier Houze, Didier Viturat, Ole S. Fjaere.-KAPPA, 2012.// <http://www.kappaeng.com/default.aspx>
3. Леонтьев, Н.Е. Основы фильтрации: Учебное пособие.-М.: изд-во Центра прикладных исследований при мех.-мат. фак-те МГУ, 2009.-88с.//<http://www.twirpx.com/file/167498/>

### 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: Институт компьютерных исследований, 2006.- 436 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. Овчинников М.Н. Метод фильтрационных волн давления как средство исследования нефтяных месторождений/М.Н. Овчинников, Г.Г.Куштанова, А.Г. Гаврилов, В.Л. Одиванов.□Казань:изд-во Казанск. Гос. ун-та, 2008. □148с.
5. Овчинников М.Н. Интерпретация результатов исследования пластов методом фильтрационных волн давления/М.Н. Овчинников.□Казань:ЗАО "Новое знание", 2003. □84с.
6. Bourdet D. Well test analysis: the use of advanced interpretation models/D. Bourdet.- Elsevier, 2002.- 426 p.
7. Эрларгер Р. Гидродинамические исследования скважин /Р. Эрларгер.- М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004. 467 с.

### 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 011800.68 "Радиофизика" и магистерской программе Радиофизические методы по областям применений .

Автор(ы):

Куштанова Г.Г. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Овчинников М.Н. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.