

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



подписано электронно-цифровой подписью

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 6143414

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)	способностью 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)	способностью адаптироваться к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности, к изменению социокультурных и социальных условий деятельности
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью к свободному владению знаниями фундаментальных разделов физики и радиофизики, необходимыми для решения исследовательских задач (в соответствии с профилем подготовки

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способностью самостоятельно ставить научные задачи в области физики и радиофизики (в соответствии с профилем подготовки) и решать их с использованием современного оборудования и новейшего отечественного и зарубежного опыта
ПК-9 (профессиональные компетенции)	способностью к подготовке и проведению лабораторных и семинарских занятий (включая участие в разработке учебно-методических пособий), к руководству научной работой студентов младших курсов и школьников в области 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.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

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

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
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	
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 работа
.	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)

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

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
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	подготовка к контрольной работе	8	контрольная работа
	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 по одномерной установившейся фильтрации несжимаемой жидкости и газа в пористой среде

Тема 3. Приток жидкости к несовершенным и горизонтальным скважинам.

устный опрос , примерные вопросы:

О чем свидетельствует величина скин-фактора? Причины появления скин-фактора. Приведенный радиус скважины

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

устный опрос , примерные вопросы:

Гидропроводность пласта. Пьезопроводность пласта. Основная формула упругого режима. Для чего используется метод суперпозиции, примеры. Радиус исследования.

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

устный опрос , примерные вопросы:

Какой метод обработки КВД необходимо использовать, если время эксплуатации скважины соизмеримо времени регистрации КВД? В каких координатах производится обработка КВД по методу Хорнера. Параметры, определяемые по методу Хорнера. Как изменяется форма КВД при наличии послепритока? КВД трещиновато-пористого пласта.

Тема 6. Движение границы раздела при взаимном вытеснении жидкостей.

устный опрос , примерные вопросы:

Градиенты давления в нефтеносной и водоносной областях. Дебит скважины. Время прорыва воды в скважину.

Тема 7. Основы теории фильтрации многофазных систем.

устный опрос , примерные вопросы:

Физический смысл функции Леверетта. Относительные фазовые проницаемости. Роль вязкости вытесняющей фазы. Коэффициент нефтеотдачи.

Тема 8. Особенности фильтрации неньютоновской жидкости.

устный опрос , примерные вопросы:

Классификация неньютоновских жидкостей. Предельный градиент давления. Влияние неньютоновских свойств на разработку нефтяных месторождений., образование застойных зон.

Тема 9. Современные методы анализа нестационарных режимов.

тестирование , примерные вопросы:

Виды фильтрационных потоков. Производная Бурдэ. Назначение диагностического графика. Характеристические графики различных фильтрационных потоков. Типы гидродинамических исследований на неустановившихся режимах.

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

контрольная работа , примерные вопросы:

Особенности периода ВСС. Признаки скважины с ГРП, горизонтальной скважины. Отражение границ на диагностическом графике. Признаки истощаемого пласта.

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к зачету:

Контрольная работа: решение задач по одномерной установившейся фильтрации несжимаемой жидкости и газа в пористой среде.

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

1. Математическая модель плоскорадиальной фильтрации несжимаемой жидкости.
2. Что из себя представляет математическая модель физического процесса. Какие уравнения входят в математическую модель?
3. Закон Дарси в дифференциальной форме.
4. Причины нарушения закона Дарси и пределы его применимости. Анализ и интерпретация экспериментальных данных.
5. Каков физический смысл уравнения неразрывности?
6. Функция Лейбензона и ее назначение.
7. Формула Дюпюи.
8. Индикаторная диаграмма для нефтяной скважины.
9. Индикаторная диаграмма для газовой скважины.
10. Коэффициент продуктивности скважины. Потенциальная продуктивность скважины
11. Математическая модель плоскорадиальной фильтрации упругой жидкости в упругом пласте.
12. Плоско-радиальный поток в неоднородных пластах. Средняя проницаемость слоистого пласта.
13. Плоско-радиальный поток в неоднородных пластах. Средняя проницаемость зонально неоднородного пласта.
14. Виды несовершенства скважин. Скин-эффект.
15. Причины появления скин-фактора.
16. О чем свидетельствует величина скин-фактора?
17. Выражение для дебита скважины при наличии скин-фактора.

18. Приведенный радиус скважины.
19. Основная формула упругого режима.
20. Метод суперпозиции.
21. Радиус исследования.
22. Упругий запас жидкости. Нефтеотдача за счет упругих свойств среды.
23. Неньютоновские жидкости. Предельный градиент давления.
24. Относительные фазовые проницаемости. Графический вид кривых.
25. Выражение для скорости фильтрации при двухфазной фильтрации.
26. Модель Бакли-Левретта. Функция Левретта . Физический смысл функции.
27. Движение жидкости в трещиновато-пористых средах.
28. Метод МДХ и Хорнера.
29. Типичные виды фильтрационных потоков.
30. Логарифмическая производная давления.
31. Характеристические графики различных течений.
32. Влияние границ области: закрытый истощаемый пласт, постоянного давления, одиночный разлом, два параллельных разлома.
33. КВД трещиновато-пористого пласта.
34. Период влияния ствола скважины.
35. КВД скважины с ГРП.
36. КВД горизонтальной скважины.
37. Проявление границ пласта на диагностическом графике (одиночный экран, параллельные разломы, граница постоянного давления).
38. КВД, КСД истощаемого пласта.

При изучении "Подземной гидродинамики" используются следующие оценочные средства, которые позволяют проверить полученные компетенции студентов:

Решение задач по разделу одномерная однофазная установившаяся фильтрация . (ОК-1, ПК-1)

Контрольная по интерпретации результатов гидродинамических исследований в ПО Сапфир - (ОК-3, ОК-7, ПК-4)

Ответы на вопросы (ОК-3, ОК-7, ПК-1, ПК-4, ПК-9)

Устный опрос (ОК-3, ОК-7, ПК-1, ПК-4, ПК-9)

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_gidromehnika.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
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:

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

- 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.