

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт математики и механики им. Н.И. Лобачевского



**УТВЕРЖДАЮ**

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

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Программа дисциплины**

Математическое моделирование разработки нефтяных месторождений М2.ДВ.6

Направление подготовки: 010800.68 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Механика жидкости, газа и плазмы

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Мазо А.Б.

**Рецензент(ы):**

-

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой:

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института математики и механики им. Н.И. Лобачевского :

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No

Казань  
2013

## 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) профессор, д.н. (доцент) Мазо А.Б. Кафедра аэрогидромеханики отделение механики, Alexander.Mazo@kpfu.ru

### **1. Цели освоения дисциплины**

Целями освоения дисциплины "Математическое моделирование разработки нефтяных месторождений" (ММРНМ) являются: изучение основных математических моделей двух-фазной фильтрации, описывающих процессы вытеснения нефти водой в залежах, вскрытых системой нагнетательных и эксплуатационных скважин; освоение методов численного решения соответствующих систем уравнений; ознакомление с методами адаптации математических и численных моделей по кривым восстановления давления и истории разработки месторождения.

В рамках курса изучаются как общие трехмерные уравнения двухфазной фильтрации, так и наиболее распространенные упрощенные двумерные и одномерные модели, которые получаются из общих осреднением и/или в предположении симметрии течения. Особое внимание в курсе ММРНМ уделяется численным методам решения задач, включая методы конечных разностей, конечных объемов и конечных элементов.

Лекционный курс сопровождается лабораторными и самостоятельными занятиями, где студенты обязаны программно реализовать все изучаемые методы, решить с их помощью предложенные преподавателем задачи фильтрации. Это способствует закреплению полученных теоретических знаний и приемов программирования.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " М2.ДВ.6 Профессиональный" основной образовательной программы 010800.68 Механика и математическое моделирование и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 2 курсе, 3, 4 семестры.

Дисциплина входит в специальную часть профессионального цикла. она является продолжением курса. Для ее освоения нужны знания из специальных курсов "Теория фильтрации", "Вычислительная гидродинамика", "Методы решения сеточных уравнений", а также умение программировать. Получаемые знания, умения и навыки используются при выполнении магистерских диссертаций по направлению "механика и математическое моделирование".

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

и уметь вывести определяющие уравнения напорной двухфазной фильтрации в нефтяных пластах.

методы осреднения для получения упрощенных математических моделей. Постановки обратных задач и методами адаптации математических и численных моделей РНМ по кривым восстановления давления и истории разработки место-рождения.

2. должен уметь:

формулировать задачи подземной гидромеханики в безразмерной форме.

3. должен владеть:

Овладеть численными методами решения уравнений для давления и водонасыщенности, включая методы конечных разностей, конечных объемов и конечных элементов.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины отсутствует в 3 семестре; зачет в 4 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. Основные уравнения двухфазной фильтрации. Свойства флюидов и породы. Относительные фазовые проницаемости. Уравнения неразрывности. Закон Дарси. Уравнения для водонасыщенности и давления.	9	1-2	0	0	0	
2.	Тема 2. Моделирование вертикальных и горизонтальных скважин. Начальные и граничные условия. Постановка краевых задач моделирования разработки нефтяных месторождений.	9	3-6	0	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	
3.	Тема 3. Осреднение и симметрия. Упрощенные RZ, RX и XY модели РНМ. Двухфазная фильтрация в слабопроницаемой подошвой. Взаимодействие водонефтяных пластов с замкнутыми резервуарами (линзами). Двумерные и одномерные модели.	9	7-10	0	0	0	
4.	Тема 4. Численные методы в задачах ММРНМ. Метод конечных разностей (МКР) и конечных объемов (МКО) для решения уравнений для давления и насыщенности. Мультипликативное выделение особенности давления в окрестности скважин. TVD-схемы для устранения численной диссипации на фронте насыщенности. Уточнение решения за счет использования скользящей сетки высокого разрешения.	9	11-16	0	0	0	
5.	Тема 5. Численные методы в задачах ММРНМ. Метод конечных элементов (МКЭ) для расчета давления в XY-моделях на неструктурированных сетках. Реализация схемы "upwind" на неструктурированных сетках для расчета насыщенности.	2	1-4	0	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	
6.	Тема 6. Численные методы в задачах ММРНМ. Метод конечных объемов для решения двумерных и трехмерных задач фильтрации на произвольных сетках. Метод суперэлементов для оперативного расчета фильтрационных потоков, полей давления и насыщенности.	2	5-10	0	0	0	
7.	Тема 7. Адаптация численной модели. Обратные задачи. Методы определения фильтрационных свойств пласта по КВД. Воспроизведение истории разработки, адаптация и прогноз.	2	11-14	0	0	0	
	Тема . Итоговая форма контроля	4		0	0	0	зачет
	Итого			0	0	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

**Тема 1. Основные уравнения двухфазной фильтрации. Свойства флюидов и породы. Относительные фазовые проницаемости. Уравнения неразрывности. Закон Дарси. Уравнения для водонасыщенности и давления.**

**Тема 2. Моделирование вертикальных и горизонтальных скважин. Начальные и граничные условия. Постановка краевых задач моделирования разработки нефтяных месторождений.**

**Тема 3. Осреднение и симметрия. Упрощенные RZ, RX и XY модели РНМ. Двухфазная фильтрация в слабопроницаемой подошвой. Взаимодействие водонефтяных пластов с замкнутыми резервуарами (линзами). Двумерные и одномерные модели.**

**Тема 4. Численные методы в задачах ММРНМ. Метод конечных разностей (МКР) и конечных объемов (МКО) для решения уравнений для давления и насыщенности. Мультипликативное выделение особенности давления в окрестности скважин. TVD-схемы для устранения численной диссипации на фронте насыщенности. Уточнение решения за счет использования скользящей сетки высокого разрешения.**

**Тема 5. Численные методы в задачах ММРНМ. Метод конечных элементов (МКЭ) для расчета давления в XY-моделях на неструктурированных сетках. Реализация схемы "upwind" на неструктурированных сетках для расчета насыщенности.**

**Тема 6. Численные методы в задачах ММРНМ. Метод конечных объемов для решения двумерных и трехмерных задач фильтрации на произвольных сетках. Метод суперэлементов для оперативного расчета фильтрационных потоков, полей давления и насыщенности.**

**Тема 7. Адаптация численной модели. Обратные задачи. Методы определения фильтрационных свойств пласта по КВД. Воспроизведение истории разработки, адаптация и прогноз.**

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

лекции с применением средств мультимедиа, самостоятельная работа (программирование) с использованием учебного пособия по курсу ММРНМ, лабораторные занятия, контрольные работы, зачет. В течение семестра студенты решают набор модельных задач подземной гидромеханики, указанных преподавателем, к каждому лабораторному занятию. В каждом семестре проводятся контрольные работы (на лабораторных занятиях). К зачету допускаются студенты, сдавшие все задачи и показавшие положительные результаты по текущей работе в течение семестра.

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

**Тема 1. Основные уравнения двухфазной фильтрации. Свойства флюидов и породы. Относительные фазовые проницаемости. Уравнения неразрывности. Закон Дарси. Уравнения для водонасыщенности и давления.**

**Тема 2. Моделирование вертикальных и горизонтальных скважин. Начальные и граничные условия. Постановка краевых задач моделирования разработки нефтяных месторождений.**

**Тема 3. Осреднение и симметрия. Упрощенные RZ, RX и XY модели РНМ. Двухфазная фильтрация в слабопроницаемой подошвой. Взаимодействие водонефтяных пластов с замкнутыми резервуарами (линзами). Двумерные и одномерные модели.**

**Тема 4. Численные методы в задачах ММРНМ. Метод конечных разностей (МКР) и конечных объемов (МКО) для решения уравнений для давления и насыщенности. Мультипликативное выделение особенности давления в окрестности скважин. TVD-схемы для устранения численной диссипации на фронте насыщенности. Уточнение решения за счет использования скользящей сетки высокого разрешения.**

**Тема 5. Численные методы в задачах ММРНМ. Метод конечных элементов (МКЭ) для расчета давления в XY-моделях на неструктурированных сетках. Реализация схемы "upwind" на неструктурированных сетках для расчета насыщенности.**

**Тема 6. Численные методы в задачах ММРНМ. Метод конечных объемов для решения двумерных и трехмерных задач фильтрации на произвольных сетках. Метод суперэлементов для оперативного расчета фильтрационных потоков, полей давления и насыщенности.**

**Тема 7. Адаптация численной модели. Обратные задачи. Методы определения фильтрационных свойств пласта по КВД. Воспроизведение истории разработки, адаптация и прогноз.**

**Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

Проверка теоретических знаний и практических навыков осуществляется по 100-балльной рейтинговой системе, принятой к КФУ. 50 баллов отводится для оценки текущей успеваемости, 50 - для оценки на зачете. Проводятся две контрольные работы в конце каждого семестра; на лабораторных работах проверяются и зачитываются компьютерные программы, составленные каждым студентом и реализующие все МРСУ.

Зачет принимается в конце семестра А; зачет ставится, если сумма баллов текущей успеваемости и оценки на зачете превышает 51.

### **7.1. Основная литература:**

1. Мазо А.Б. Математическое моделирование разработки нефтяных месторождений. Конспект лекций
2. Баренблатт Г.И., Ентов В.М., Рыжик В.М. Движение жидкостей и газов в пористых пластах. М.:Недра. 1984. 208 с.
3. Каневская Р.Д. Математическое моделирование гидродинамических процессов разработки месторождений углеводородов.. Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований. 2003. 128 с.

### **7.2. Дополнительная литература:**

4. Мазо А.Б. Методы решения сеточных уравнений. Конспект лекций
5. Мазо А.Б. Вычислительная гидродинамика. Конспект лекций.
6. Булыгин Д.В., Булыгин В.Я. Геология и имитация разработки залежей нефти. М.:Недра. 1996. 382 с.
7. Чекалин А.Н., Конюхов В.М., Костерин А.В. Двухфазная многокомпонентная фильтрация в нефтяных пластах сложной структуры. Казань:КГУ. 2009. 180 с.
8. Хайруллин М.Х. и др. Интерпретация результатов гидродинамических исследований скважин методами регуляризации. .. Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований. 2006. 172 с.

### **7.3. Интернет-ресурсы:**

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану**

Освоение дисциплины "Математическое моделирование разработки нефтяных месторождений" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 010800.68 "Механика и математическое моделирование" и магистерской программе Механика жидкости, газа и плазмы .



Автор(ы):

Мазо А.Б. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.