

«УТВЕРЖДАЮ»
Заведующий кафедрой, д.т.н.,
Профессор В.В. Кадет
"08 " февраля 2018 г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Занятий по курсу
дисциплины

МНОГОФАЗНЫЕ ТЕЧЕНИЯ

Направление подготовки
21.04.01 «Нефтегазовое дело»

Квалификация выпускника
Магистр

Форма обучения
Очная

(17 часа - практические занятия)

2 семестр

Москва 2018

№ пп/п	Разделы дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Коды компетенций	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Л	И	ПЗ (С)	СР		
Часть 1									
1	Вводные сведения. Понятие математической модели. Основные гипотезы механики сплошной среды; однофазный континуум.	2	1	0	0	1	3	ОК- 1,ОК-3, ОПК- 1,	6 нед. – Домашнее задание. 12 нед. – Домашнее задание. 17 нед. – Домашнее задание. Дифференцированный зачет
2	Основные понятия механики многофазных сред Гипотезы теории многофазных континуумов. Классификацию однородных и гетерогенных сред	2	2	0	0	1	3	ОК- 1,ОК-3, ОПК- 1,	
3	Осреднение как инструмент введения параметров многофазного континуума.	2	3	0	0	1	3	ОК- 1,ОК-3, ОПК- 1,	
4	Уравнения сохранения массы для каждой фазы и смеси в целом. Понятие о фазовых переходах и химических реакциях	2	4	0	0	1	3	ОК- 1,ОК-3, ОПК- 1,	
5	Уравнения движения фаз и смеси в целом. Силы межфазного взаимодействия	2	5-6	0	0	2	6	ОК- 1,ОК-3, ОПК-1,ПК-2	
6	Условия локального термодинамического равновесия внутри фазы и в смеси в целом. Уравнения полной энергии фаз и смеси в целом	2	7	0	0	1	3	ОК-3, ОК-5, ОПК- 1,	
7	Уравнения состояния для давления. уравнения реологии. Понятие идеальной и вязкой фаз многофазной смеси. Фазовая диаграмма	2	8	0	0	1	3	ОК- 1,ОК-3, ОПК-1,ПК-2	
8	Диффузионное приближение механики гетерогенных сред. Гомогенное приближение механики гетерогенных сред Общая система механики взаимопроникающих континуумов	2	9-12	0	0	4	12	ОК-3 , ОПК-1,ПК-3, ПК- 20	
9	Одномерные газожидкостные течения в трубах. Модель дисперсно-кольцевого течения	2	13-14	0	0	2	6	ОК-3 , ОПК-1,ПК-3, ПК- 20	
10	Модели фонтанирующих нефтяной и газоконденсатной скважин. Инженерные подходы к решению задач движения многофазных смесей	2	15-17	0	3	3	9	ОК-3 , ОПК-1,ПК-3, ПК- 20	

по трубам. Вычислительные алгоритмы для решения гидродинамических задач течения многофазной смеси в скважинах																		
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Неделя 1. Вводные сведения. Понятие математической модели. Основные гипотезы механики многофазных сред.

Физико-геологические факторы разработки. О развитии новых наукоемких технологий разработки месторождений и связанных с ними информационных и диагностических технологий на базе вычислительных машин. Подходы к описанию движения многофазных сред. Модель сплошной среды.

Неделя 2. Основные понятия механики многофазных сред. Гипотезы теории многофазных континуумов. Классификацию гомогенных и гетерогенных сред

Роль многофазной гидромеханики. Классификация многофазных сред. Основные принципы построения математических моделей гетерогенных сред. Гомогенные среды. Основные гипотезы механики многофазных сред

Неделя 3. Осреднение как инструмент введения параметров многофазного континуума

Осреднение по объему. Многофазный континуум. Гипотезы теории многофазных континуумов. Параметры многофазного континуума. Среднеобъемные, среднемассовые и среднерасходные характеристики многофазной смеси.

Неделя 4. Уравнения сохранения массы для каждой фазы и смеси в целом. Понятие о фазовых переходах и химических реакциях

Уравнения сохранения массы для каждой фазы и смеси в целом (в интегральном и дифференциальном виде). Понятие субстанциональной производной. Понятие о фазовых переходах и химических реакциях, интенсивность фазового перехода.

Неделя 5. Уравнения движения фаз и смеси в целом. Силы межфазного взаимодействия

Тензор напряжений в двухфазной среде. Функция давления в двухфазной среде. Условие совместного деформирования. Силы межфазного взаимодействия. Приток импульса за счет фазового перехода.

Неделя 6. Межфазная сила за счет действия давлений (за счет расширения трубки тока). Сила межфазного трения. Среднемассовая скорость вещества, претерпевающего фазовый переход. Уравнения движения фаз и смеси в целом.

6 нед. – Домашнее задание.

Дифференцированный зачет

Неделя 7. Условия локального термодинамического равновесия внутри фазы и в смеси в целом. Уравнения полной энергии фаз и смеси в целом систем.

Условия локального термодинамического равновесия внутри фазы и в смеси в целом. Внутренняя энергия, кинетическая энергия и полная энергия фаз и смеси в целом. Уравнения полной энергии фаз и смеси в целом. Межфазный обмен энергией (работа межфазных сил, теплопередача на межфазной границе, перенос энергии при фазовом переходе). Первое начало термодинамики. Первый закон термодинамики для однофазной и многофазной систем. Уравнение кинетической энергии фаз и смеси в целом. Уравнение внутренней энергии (притока тепла) для каждой из фаз. Работа внутренних поверхностных сил. Работа сил межфазного взаимодействия. Уравнение притока тепла для многофазной смеси. Условие на теплопередачи на межфазных границах.

Неделя 8. Уравнения состояния для давления. уравнения реологии.. Понятие идеальной и вязкой фаз многофазной смеси. Фазовая диаграмма

Уравнения состояния для давления и внутренней энергии для газовой и жидкой фаз. Условие совместного деформирования. Уравнения реологии. Фазовая диаграмма вещества. Уравнения кинетики фазовых переходов. Выражение для межфазных сил и теплоперетоков. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Коэффициенты диссипации. Условие согласования энталпий на линии насыщения

Неделя 8. Диффузионное приближение механики гетерогенных сред. Гомогенное приближение механики гетерогенных сред. Общая система механики взаимопроникающих континуумов

Основные свойства гомогенной и гетерогенной смеси. Диффузионная модель механики многофазных сред. Уравнение диффузии. Переход от модели гетерогенной смеси к описанию гомогенной модели.

Неделя 9. Одномерные газожидкостные течения в трубах. Модель дисперсно-кольцевого течения.

Режимы течений в трубах. Квазиодномерное течение в трубе. Основные гипотезы. Осреднение по сечению потока. Коэффициенты корреляции.

Неделя 10. Уравнения неразрывности фаз в случае квазиодномерного течения. Интенсивность процессов массообмена между фазами. Уравнение движения фаз для квазиодномерного течения. Силы межфазного течения. Скорости на межфазных границах.

Неделя 11. Уравнения притока тепла фаз для квазиодномерного течения. Коэффициенты диссипации. Переход от двухскоростной модели квазиодномерного потока к двухфазной диффузионной модели в каналах.

Неделя 12. Модель дисперсно-кольцевого течения (уравнения массы, импульса и энергии). Дальнейшее упрощение модели для случая гомогенного течения (квазигомогенного) в каналах.

12 нед. – Домашнее задание.

Дифференцированный зачет

Неделя 13. Модель стационарного квазигомогенного течения в каналах.

Недели 14-17. Модели фонтанирующей нефтяной и газоконденсатной скважин. Инженерные подходы к решению задач движения многофазных смесей по трубам. Вычислительные алгоритмы для решения гидродинамических задач течения многофазной смеси в скважинах

Использование модели осредненного квазиодномерного течения для практического расчета работающей скважины. Уравнения сохранения для квазигомогенной смеси. Разработка алгоритма для численного интегрирования системы уравнений. Расчетный и аварийный режимы работы скважины. Условия на устье скважины. Особенности расчета пробковых течений. Обезразмеривание системы уравнений. Составление вычислительных алгоритмов.

17 нед. – Домашнее задание.

Темы домашних заданий

В домашних работах предлагается провести расчеты параметров течения (давление, скорость, температура, газосодержание), отвечающих условиям на конкретных скважинах реальных месторождений в простейших постановках и сравнить их с расчетами по имеющимся аналитическим формулам.

Перечень примерных домашних заданий:

1. Рассчитать параметры двухфазной газоконденсатной смеси в зависимости только от давления (жидкость- нефть, газ-этан). (ОК- 1, ОК-3, ОПК- 1, ПК-3, ПК- 20)
2. Рассчитать изменение давления газоконденсатной смеси при течении по стволу добывающей скважины (жидкость- нефть, газ-воздух). Решение провести без учета изменения температуры. (ОК- 1, ОК-3, ОПК- 1, ПК-3, ПК- 20)

3. Рассчитать изменение давления и других параметров двухфазной газоконденсатной смеси при течении по стволу нагнетающей скважины (жидкость- нефть, газ-воздух). Решение провести с учетом изменения температуры. (ОК- 1,ОК-3 , ОПК- 1,ПК-3, ПК-20)

Перечень примерных вопросов к промежуточной аттестации (зачет)

1. Понятие математической модели сплошной среды (ОК- 1, ОК-3, ОПК- 1,)
2. Понятие математической модели механики многофазных сред. (ОК- 1, ОК-3, ОПК- 1,)
3. Аксиомы механики сплошной среды. (ОК- 1, ОК-3, ОПК- 1,)
4. Гипотеза сплошности. (ОК- 1, ОК-3, ОПК- 1,)
5. Основная гипотеза механики многофазных сред. (ОК- 1, ОК-3, ОПК- 1,)
6. Понятие гомогенной и гетерогенной смеси. (ОК- 1, ОК-3, ОПК-1)
7. Гомогенные среды (определение, свойства) (ОК- 1, ОК-3, ОПК- 1,)
8. Гетерогенные среды (определение, свойства) (ОК- 1, ОК-3, ОПК- 1,)
9. Классификация дисперсных сред (ОК- 1,ОК-3, ОПК- 1,)
10. Классификация моделей течений гетерогенных сред (гетерогенная, диффузионная, гомогенная) (ОК-3, ОПК- 1,ПК-3, ПК- 20)
11. Квазиодномерная модель течения многофазных смесей в трубах (ОК-3 , ОПК- 1,ПК-3, ПК- 20)
12. Основные гипотезы гомогенной модели многофазного потока. (ОК-3, ОПК- 1,ПК-3, ПК- 20)
13. Сущность диффузионной модели механики гетерогенных сред (ОК-3, ОПК- 1,ПК-3, ПК- 20)
14. Классификация течений в вертикальных трубах (ОК-3, ОПК- 1,ПК-3, ПК- 20)
15. Классификация течений в горизонтальных трубах (ОК-3, ОПК- 1,ПК-3, ПК- 20)
16. Классификация многофазных сред, дисперсные системы (ОК-3 , ОПК- 1,ПК-3, ПК- 20)
17. Объемное осреднение как инструмент введения параметров сплошной среды (ОК-3 , ОПК- 1,ПК-3, ПК- 20)
18. Теорема о среднем. 3 условия теоремы о среднем. (ОК- 1,ОК-3, ОПК- 1,)
19. Метод осреднения, как инструмент введения параметров многофазного континуума. (ОК- 1,ОК-3, ОПК- 1,)
20. Осреднение по сечению потока, как инструмент перехода к квазиодномерным моделям (ОК- 1,ОК-3, ОПК- 1,)
21. Определение многофазного континуума. (ОК- 1, ОК-3, ОПК- 1,)
22. Параметры многофазной смеси (истинные и средние). (ОК- 1, ОК-3, ОПК- 1,)
23. Объемная, массовая и расходная концентрации и связь между ними. (ОК- 1, ОК-3, ОПК- 1,)
24. Уравнения состояния и реологии. (ОК- 1, ОК-3, ОПК- 1,)
25. Тензор напряжений в двухфазной среде. (ОК- 1,ОК-3, ОПК- 1,)
26. Кинетическая, внутренняя и полная энергия каждой из фаз и средние для смеси в целом. (ОК- 1, ОК-3, ОПК- 1,)
27. Интенсивность фазового перехода. (ОК- 1, ОК-3, ОПК- 1,)
28. Уравнение сохранения массы для однофазной жидкости (ОК- 1, ОК-3, ОПК- 1,ПК-2)
29. Уравнение неразрывности для несжимаемой жидкости. (ОК- 1, ОК-3, ОПК- 1,ПК-2)
30. Уравнение сохранения массы для фаз N-фазного континуума, связь между ними (ОК- 1,ОК-3, ОПК- 1,ПК-2)
31. Уравнение сохранения массы для смеси в целом (ОК- 1, ОК-3, ОПК- 1,ПК-2)
32. Уравнение импульса для фаз N-фазного континуума, связь между ними (ОК- 1, ОК-3, ОПК- 1,ПК-2)
33. Уравнение импульса для многофазной смеси. (ОК- 1, ОК-3, ОПК- 1,ПК-2)
34. Уравнение совместного деформирования. (ОК- 1, ОК-3, ОПК- 1,ПК-2)

35. Уравнение полной энергии для смеси в целом (ОК- 1, ОК-3, ОПК- 1,ПК-2)
36. Понятие диффузионного приближения в механике многофазных сред. (ОК-3, ОПК- 1,ПК-3, ПК- 20)
37. Понятие гомогенного приближения в механике многофазных сред. (ОК-3, ОПК- 1,ПК-3, ПК- 20)
38. Модель раздельного (с проскальзыванием фаз) квазиодномерного течения многофазной смеси в канале переменного сечения (уравнения). (ОК-3 , ОПК- 1,ПК-3, ПК- 20)
39. Модель квазигомогенного квазиодномерного стационарного течения многофазной смеси в канале переменного сечения (уравнения). (ОК-3 , ОПК- 1,ПК-3, ПК- 20)
40. Модель квазигомогенного квазиодномерного стационарного течения многофазной смеси в канале постоянного сечения (уравнения). (ОК-3 , ОПК- 1,ПК-3, ПК- 20)

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная литература:

1. Брилл Дж., Махерджи Х. Многофазные течения в скважинах.-М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2006.-448 с.
2. Кравченко М.Н. , Дмитриев Н.М., Мурадов А.В. Основы механики сплошной среды. Специальные вопросы.- М.:Интерконтакт Наука, 2008.-248 с.
3. Дмитриев Н.М., Кравченко М.Н. Основы механики сплошной среды. Законы сохранения.- М.:Интерконтакт Наука, 2007.-221 с.
4. Дмитриев Н.М., Кравченко М.Н. Основы механики сплошной среды. Специальные вопросы.- М.:Интерконтакт Наука, 2008.-238 с.
5. Леонов Е.Г., Исаев В.И. Осложнения и аварии при бурении нефтяных и газовых скважин. Часть 1. -М.:Недра, 2006.-413 с.
6. Марон В.И. Гидродинамика однофазных и многофазных течений в трубопроводе: Учебное пособие. М.:МАКС Пресс, 2009.-344 с.
7. Папуша А.Н., Казунин Д.В. Динамика многофазных течений в морских магистральных трубопроводах. Ижевск, 2012.
8. Шагиев Р.Г., Гумеров А.Г., Худякова Л.П. Проблемы многофазных течений в нефтегазовой отрасли. В сборнике: Нефтегазовые технологии и новые материалы. Проблемы и решения Сборник научных трудов. Уфа, 2016. С. 331-335

б) дополнительная литература

9. Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред. М.: Наука, Т1 и Т2.1988. -336 и 358 с.
10. Астрахан И.М., Исаев В.И., Розенберг Г.Д., Кравченко Г.Д. Гидродинамические задачи нефтегазопромысловой экологии: Учебное пособие для вузов. – М.: Нефть и газ, 1999. – 138 с.
11. Кравченко М.Н. Механика и термодинамика многофазных сред. Учебное пособие.- М: Нефть и газ, 1999.-88 с.
12. Швыдкий В.С., Ярошенко Ю.Г. и др. Механика жидкости и газа. Учебное пособие для вузов. –М., ИКЦ.Академкнига, 2003.-464 с.
13. Сахаров В.А. , Мохов М.А. Гидродинамика газожидкостных смесей в вертикальных трубах и промысловых подъемниках. - – М.: Нефть и газ, 2004.- 391 с.
14. Одишария Г.Э., Точигин А.А. Прикладная гидродинамика газожидкостных смесей. М.:ВНИИПГиГТ, 1998.-397 с.
15. Шагиев Р.Г., Гумеров А.Г., Худякова Л.П., Ханнанов Р.Х., Альмухаметова Д.А. Гидравлическое сопротивление и теплообмен в однофазных и многофазных потоках в трубопроводах при добыче и транспорте углеводородного сырья при использовании проти-

вотурбулентных присадок. В сборнике: Нефтегазовые технологии и новые материалы. Проблемы и решения Сборник научных трудов. Уфа, 2015. С. 309-320.

16. Высоцкий Л.И., Высоцкий И.С. Задачи и методы визуализации течений жидкости и газа. Саратов, 2016.

17. Брутян М.А. Задачи управления течением жидкости и газа. Москва, 2015.

18. Волков К.Н., Емельянов В.Н. Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа Москва, 2012.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

Программные пакеты MatLab, MAPLE, Mathematica, Excel.

Автор: доц.

Кравченко

М.Н.