

«УТВЕРЖДАЮ»
Заведующий кафедрой, д.т.н.,
Профессор В.В. Кадет

«_____» _____ 2018 г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Занятий по курсу
дисциплины

ТЕЧЕНИЕ ФЛЮИДОВ В СКВАЖИНАХ И ТРУБАХ

Направление подготовки
21.04.01 «Нефтегазовое дело»

Программы подготовки

- 21.04.01.24 «Моделирование природных резервуаров залежей углеводородов и проектирование процессов разработки»
21.04.01.25 «Технологии освоения морских нефтегазовых месторождений»
21.04.01.58 «Передовые технологии строительства и эксплуатации нефтегазовых скважин»

Квалификация (степень) выпускника
Магистр

Форма обучения
Очная

Москва 2017

Неделя 1. Вводные сведения. Принципы построения математических моделей. Основные задачи механики сплошных сред в приложении к моделированию процессов нефтегазового дела. Понятие сплошной среды. Основные гипотезы механики сплошной среды. Метод построения модели сплошной среды с использованием объемного осреднения; однофазный и многофазный континуум. Подходы Эйлера и Лагранжа к описанию сплошной среды. Основные задачи механики сплошных сред в моделировании процессов бурения, разработки транспорта, хранения и переработки. Основные гипотезы механики сплошной среды. Параметры сплошной среды, описывающие свойства коллектора и флюида.

Неделя 2. Кинематика сплошной сред. Подходы Эйлера и Лагранжа к описанию сплошной среды. Понятие тензора; операции над тензорами. Понятие тензора; ранг тензора; операции над тензорами. Методы описания сплошной среды (подходы Лагранжа и Эйлера) и связь между ними. Полная и локальная производные по времени. Установившееся и неустановившееся движение. Траектория и линии тока. Определение декартова тензора, алгебра тензоров. Инварианты тензора. Разложение тензора на шаровую и девиаторную часть. Тензора деформации и поворотов. Представление движения частиц сплошной среды в виде поступательного перемещения, вращения и чистой деформации. Скорости деформации. Тензоры скоростей деформации и скоростей вращения. Геометрический смысл компонент тензора скоростей деформации и инвариантов.

Неделя 3. Основные понятия динамики сплошной среды. Законы сохранения однофазного континуума для течения флюида в трубах. Закон баланса массы. Плотность сплошной среды. Массовые и поверхностные силы. Вектор напряжений в сплошной среде. Теорема о напряжении в точке. Компоненты напряжений. Понятие тензора напряжения и давления. Касательные и нормальные напряжения. Симметричность тензора напряжений в сплошной среде. Выдача домашнего задания.

Неделя 4. Закон сохранения массы в интегральной формулировке для материального и контрольного объемов. Трубка тока. Уравнение баланса для трубки тока. Понятие полной и субстанциональной производной.

Неделя 5. Закон баланса импульса. Уравнение в напряжениях. Уравнение движения для трубки тока. Интегральный закон сохранения количества движения и момента количества движения. Уравнения движения сплошной среды в напряжениях. Запись баланса импульса для трубки тока. Закон парности касательных напряжений.

Неделя 6. Законы сохранения энергии. Закон баланса энергии для трубки тока. Теорема об изменении кинетической энергии. Уравнение полной энергии. Уравнение внутренней энергии. Уравнения баланса энергии для трубки тока.

Неделя 7. Модель идеальной и вязкой жидкости. Замкнутая система уравнений. Замыкание системы уравнений механики сплошной среды и понятие о постановке задач. Определение идеальной и вязкой жидкости, упругого тела. Уравнение состояния и уравнение реологии. Закон трения Ньютона. Вязкость. Неньютоновские жидкости. Жидкость Навье-Стокса.

Неделя 8. Одномерные течения вязкой жидкости в трубах. Аналитические решения течения вязкой жидкости. Гидростатика. Прямолинейное движение вязкой несжимаемой жидкости в трубах. Система уравнений вязкой несжимаемой жидкости Навье-Стокса. Течение по круглым трубам (течение Пуазейля). Режимы течения.

Выдача домашнего задания.

Неделя 9. Течение между параллельными плоскостями. Установившееся незакрученное осесимметричное течение несжимаемой вязкой жидкости. Установившееся течение вязкой несжимаемой жидкости между двумя неограниченными в направлении вертикальной оси Oz круговыми соосными цилиндрами.

Неделя 10. Гидравлические приложения теории вязкой жидкости. Расчет трубопроводов. Уравнение движения течения Ньютоновской несжимаемой жидкости. Особенности расчета ламинарных и турбулентных течений. Уравнение Бернулли для потока вязкой жидкости. Принципы расчета простых трубопроводов. Расчет сложных трубопроводов.

Неделя 11. Движения газа по трубопроводам Уравнение Эйлера. Уравнение Громеки-Ламба. Уравнение Бернулли идеальной жидкости. Закон сохранения энергии для идеальной жидкости Основные характеристики газа Адиабата Пуассона. Адиабатическая скорость звука. Функция давления. Понятие совершенного газа. Изотермический поток в трубах. Адиабатический поток. Интеграл Бернулли адиабатического течения газа. Интеграл Бернулли изотермического течения газа.

Неделя 13-15. Описание газожидкостных течений. Одномерные газожидкостные течения в трубах. Классификация смесей. Режимы течений в трубах. Квазиодномерное течение в трубе. Уравнения движения фаз для квазиодномерного течения. Модель гомогенного течения (квазигомогенного) в каналах. Модель стационарного квазигомогенного течения в каналах.

Выдача домашнего задания.

Неделя 16-17. Моделирование течений жидкостей и газов в скважинах и трубопроводах. Кейс-стади.

Модели фонтанирующих 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.

Перечень примерных домашних заданий:

Рассчитать параметры течения в скважине или трубопроводе (по данным реальных месторождений или трубопроводов) в изотермической однофазной постановке при условии несжимаемого флюида.

1. Рассчитать изменение давления при течении сжимаемого флюида (газа, смеси газов) (по данным реальных месторождений или трубопроводов) без учета изменения температуры.
2. Рассчитать изменение давления и других параметров двухфазной газоконденсатной смеси при течении по стволу нагнетающей скважины (по данным реальных месторождений или трубопроводов)

Перечень примерных вопросов для самостоятельной работы

1. Понятие физической модели среды
2. Понятие математической модели сплошной среды

3. Понятие математической модели механики сплошных сред.
4. Аксиомы механики сплошной среды.
5. Гипотеза сплошности.
6. Методы расчета параметров механики сплошных сред.
7. Понятие тензора.
8. Операции над тензорами (определение, свойства)
9. Тензор деформации (определение, свойства)
10. Тензор скоростей деформации (определение, свойства)
11. Тензор напряжений (определение, свойства)
12. Квазиодномерная модель течения многофазных смесей в
13. Касательные и нормальные напряжения. Понятие давления.
14. Трубка тока. Уравнение баланса для трубки тока. Понятие полной и субстанциональной производной.
15. Классификация течений в вертикальных
16. Классификация течений в горизонтальных трубах
17. Интегральный закон сохранения массы
18. Понятие полной и субстанциональной производных
19. Интегральный закон сохранения количества движения и момента количества движения.
20. Запись баланса массы для трубки тока.
21. Запись баланса импульса для трубки тока.
22. Запись баланса энергии для трубки тока.
23. Параметры многофазной смеси (истинные и средние).
24. Объемная, массовая и расходная концентрации и связь между ними.
25. Уравнения состояния и реологии.
26. Определение идеальной и вязкой жидкости, упругого тела. Уравнение состояния и уравнение реологии.
27. Закон трения Ньютона. Вязкость. Неньютоновские жидкости. Жидкость Навье-Стокса.
28. Уравнение Эйлера. Уравнение Громеки-Ламба.
29. Понятие совершенного газа. Изотермический поток в трубах. Интеграл Бернулли изотермического течения газа.
30. Адиабатический поток. Интеграл Бернулли адиабатического течения газа.
31. Уравнение сохранения массы для газожидкостной смеси в целом
32. Уравнение импульса для газожидкостной смеси
33. Уравнение полной энергии для газожидкостной смеси в целом
34. Понятие гомогенного приближения в механике многофазных сред
35. Модель квазиодномерного стационарного течения многофазной смеси в канале переменного сечения (уравнения).
36. Модель квазиодномерного стационарного течения многофазной смеси в канале постоянного сечения (уравнения).

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная литература:

1. Lurie M. Modeling of Oil Product and Gas Pipeline Transportation. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co.KGaA, Weinheim, 2008
2. Leonov G., Isaev V. Applied hydro-aeromechanics in oil and gas drilling. Wiley, 2009.
3. Батлер Р.М. Горизонтальные скважины для добычи нефти и газа. -М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2010.-536с.

4. Кравченко М.Н. , Дмитриев Н.М., Мурадов А.В. Основы механики сплошной среды. Специальные вопросы.- М.:Интерконтакт Наука, 2008.- 248 с.
5. Дмитриев Н.М., Кравченко М.Н. Основы механики сплошной среды. Законы сохранения.- М.:Интерконтакт Наука, 2007.- 221 с.
6. Брилл Дж., Махерджи Х. Многофазные течения в скважинах. - М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2006.-448 с.
7. Марон В.И. Гидродинамика однофазных и многофазных течений в трубопроводе: Учебное пособие. М.:МАКС Пресс, 2009.-344 с.

б) дополнительная литература

1. Л.П.Дейк. Практический инжиниринг резервуаров. - М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2008.-668 с.
2. Сахаров В.А. , Мохов М.А. Гидродинамика газожидкостных смесей в вертикальных трубах и промысловых подъемниках. – М.: Нефть и газ, 2004.- 391 с.
3. Селезнев В. Е., Алешин В. В., Прялов С. Н. Математическое моделирование трубопроводных сетей и систем каналов. Издательство «Директ-Медиа» . 2014. 486 с.
4. Ашихмин В. И. др. Введение в математическое моделирование. Издательство «Логос». 2015. -440 с.
5. Алиев А.В. и др. Математическое моделирование в технике. Институт компьютерных исследований. 2012, -476 с.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

Программные пакеты MatLab, MAPLE, Mathematica, Excel.

Автор:

доц. Кравченко М.Н.