

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
аэрокосмических технологий
С.С. Негодяев**

| | |
|----------------------------|--|
| | Рабочая программа дисциплины (модуля) |
| по дисциплине: | Многофазный поток |
| по направлению: | Прикладные математика и физика |
| профиль подготовки: | Фундаментальная и прикладная физика природных систем Физтех-школа Аэрокосмических Технологий центр образовательных программ ФАКТ |
| курс: | 2 |
| квалификация: | магистр |

Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Количество контрольных работ, заданий: 2

Программу составил: В.А. Краснов, канд. физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании центра образовательных программ ФАКТ 02.12.2024

Аннотация

Дисциплина "Многофазный поток" отвечает за формирование базовых знаний по свойствам многофазных потоков для использования в областях и дисциплинах естественнонаучного профиля, формирование исследовательских навыков и способности применять знания на практике.

Дисциплина "Многофазный поток" важна для студентов - нефтяников, разработана для студентов магистратуры "Фундаментальная и прикладная геофизика" совместной образовательной программы ПАО "НК"Роснефть" - МФТИ. Особое внимание уделяется основам фильтрации жидкости и газа в пласте, гидроразрыву пласта, индикаторным диаграммам для насыщенного нефтяного пласта (метод Вогеля, композитная диаграмма, метод Фетковича), физическим свойствам пластовых флюидов, фильтрационным и емкостным свойствам коллекторов, механике процессов около дисперсных частиц, капель и пузырьков.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- формирование базовых знаний по свойствам многофазных потоков для использования в областях и дисциплинах естественнонаучного профиля, формирование исследовательских навыков и способности применять знания на практике.

Задачи дисциплины

- дать студентам базовые знания в области основ моделирования многофазных потоков;
- научить студентов на примерах и инженерных задачах самостоятельно анализировать полученные результаты;
- научить студентов проводить расчеты многофазных потоков по данным месторождений компании.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

| Код и наименование компетенции | Индикаторы достижения компетенции |
|---|--|
| УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий | УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации |
| ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий | ОПК-4.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования |
| ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты | ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности |
| ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию | ПК-2.2 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях |
| ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области | ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов |

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- основы фильтрации жидкости и газа в пористой среде;
- основные свойства пластовых флюидов;
- основные индикаторные диаграммы.

уметь:

- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и технологических задач;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- производить численные оценки по порядку величины;
- видеть в технических задачах физическое содержание;
- эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

| № | Тема (раздел) дисциплины | Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час. | | | |
|-----------------------|---|---|----------|-----------------|----------------|
| | | Лекции | Семинары | Лаборат. работы | Самост. работа |
| 1 | Основы фильтрации жидкости и газа в пористой среде | | 8 | | 8 |
| 2 | Индикаторные диаграммы для насыщенного нефтяного пласта | | 8 | | 8 |
| 3 | Многофазный поток в пласте | | 8 | | 8 |
| 4 | Гидроразрыв пласта | | 6 | | 6 |
| Итого часов | | | 30 | | 30 |
| Подготовка к экзамену | | 30 час. | | | |
| Общая трудоёмкость | | 90 час., 2 зач.ед. | | | |

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 3 (Осенний)

1. Основы фильтрации жидкости и газа в пористой среде

Физические свойства пластовых флюидов. Фильтрационные и емкостные свойства коллекторов. Фильтрация жидкости и газа в пористой среде. Закон Дарси, потенциал поля давления, уравнение неразрывности, уравнение пьезопроводности. Решения уравнения пьезопроводности в установившемся, псевдоустановившемся и нестационарном случаях. Принцип суперпозиции.

Элементы скважинного оборудования. Насосно компрессные трубы. Штанговый и электроцентробежный насосы. Фонтанная арматура и измерительное оборудование. Устройства для контроля притока (ICD). Критический режим течения через штуцер.

2. Индикаторные диаграммы для насыщенного нефтяного пласта

Производительность скважин. Коэффициент продуктивности PI, безразмерный коэффициент продуктивности Jd. Скин-фактор. Эффективный радиус скважины.

Индикаторная диаграмма для насыщенного нефтяного пласта. Корреляции для построения индикаторной диаграммы (метод Вогеля, композитная диаграмма, метод Фетковича, самосогласованный подход к построению индикаторной диаграммы). Индикаторная диаграмма для газового пласта.

Многофазный поток в стволе скважины. Кривая эффективности лифта (VFP). Ламинарное и турбулентное трение потока в трубе. Разгазирование нефти в скважине.

3. Многофазный поток в пласте

Расходная доля газа. Объемное содержание газа. Скорость проскальзывания, модель Drift Flux. Движение газа относительно жидкости в скважине. Пузырьковый режим. Пробковый режим, пузыри Тейлора.

Многофазный поток в пласте. Относительные фазовые проницаемости. Метод псевдавления.

4. Гидроразрыв пласта

ГРП и глубина проникновения трещины. Число пропанта. Безразмерный коэффициент продуктивности FCD. Эффективный радиус трещины ГРП.

Приток флюида к горизонтальной скважине. Вывод формулы Джоши. Эффективный радиус горизонтальной скважины.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Физическая механика многофазных потоков [Текст] : учебное пособие для вузов : рек. УМО МФТИ / А. Л. Стасенко ; М-во образования и науки РФ, МФТИ .— М. : МФТИ, 2004 .— 136 с.

Дополнительная литература

1. Подземная гидромеханика [Текст] / К. С. Басниев [и др.] .— 2-е изд., испр. — М.; Ижевск : Ин-т компьютерных исследований, 2006 .— 488 с.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

<http://lib.mipt.ru/> – электронная библиотека Физтеха

<http://www.edu.ru> – федеральный портал «Российское образование».

<http://benran.ru> –библиотека по естественным наукам Российской академии наук.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

на занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Успешное освоение курса «Многофазный поток» требует большой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала (по конспектам семинаров, учебной и научной литературе);
- решение задач, предлагаемых студентам на практических занятиях.

Показателем владения материалом служит умение решать задачи. Для формирования умения применять теоретические знания на практике студенту необходимо решать как можно больше задач.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

| | |
|--|--|
| по направлению: | Прикладные математика и физика |
| профиль подготовки: | Фундаментальная и прикладная физика природных систем Физтех-школа Аэрокосмических Технологий центр образовательных программ ФАКТ |
| курс: | <u>2</u> |
| квалификация: | магистр |
| Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Экзамен | |
| Разработчик: | В.А. Краснов, канд. физ.-мат. наук |

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

| Код и наименование компетенции | Индикаторы достижения компетенции |
|---|--|
| УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий | УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации |
| ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий | ОПК-4.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования |
| ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты | ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности |
| ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию | ПК-2.2 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях |
| ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области | ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов |

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Многофазный поток» обучающийся должен:

знать:

- основы фильтрации жидкости и газа в пористой среде;
- основные свойства пластовых флюидов;
- основные индикаторные диаграммы.

уметь:

- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и технологических задач;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- производить численные оценки по порядку величины;
- видеть в технических задачах физическое содержание;
- эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

Текущий контроль заключается в учете посещения студентами занятий, а также в учете тех или иных видов активности студентов на занятиях: выполнения домашних заданий, решения задач, обсуждения возникающих вопросов по текущему материалу и т.п.

Данные по текущему контролю учитываются при выставлении итоговой оценки, но первостепенное значение придается ответу на экзамене.

Примеры тем курсовых работ (2 работы в семестре).

1. Физические свойства пластовых флюидов. Фильтрационные и емкостные свойства коллекторов.
2. Фильтрация жидкости и газа в пористой среде. Закон Дарси. Опыты Дарси.
3. Методы описания межфазного тепло- и массообмена в пузырьковой среде.
4. Механика процессов около дисперсных частиц, капель и пузырьков.
5. Динамика двухскоростных течений дисперсных сред (газовзвесей).
6. Гидродинамика и теплофизика стационарных одномерных газо- и парожидкостных потоков в каналах.
7. Волоновая динамика пузырьковых жидкостей.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Список примерных вопросов к экзамену:

1. Физические свойства пластовых флюидов.
2. Решения уравнения пьезопроводности в установившемся, псевдое установившемся и нестационарном случаях.
3. Фильтрация жидкости и газа в пористой среде.
4. Закон Дарси, потенциал поля давления, уравнение неразрывности, уравнение пьезопроводности.
5. Производительность скважин. Коэффициент продуктивности PI , безразмерный коэффициент продуктивности J_d .
6. Индикаторная диаграмма для насыщенного нефтяного пласта.
7. Индикаторная диаграмма для газового пласта.
8. Движение газа относительно жидкости в скважине. Пузырьковый режим. Пробковый режим, пузыри Тейлора.
9. Многофазный поток в пласте.
10. Элементы скважинного оборудования. Насосно компрессные трубы. Штанговый и электроцентробежные насосы.

Примеры экзаменационных билетов:

Билет №1.

1. Фильтрация жидкости и газа в пористой среде. Закон Дарси, потенциал поля давления, уравнение неразрывности, уравнение пьезопроводности.
2. Решить задачу.

Определить перепад давления на трение в ламинарном и турбулентном случаях. Заданы свойства флюида, дебит, диаметр НКТ, шероховатость.

Билет №2.

1. Элементы скважинного оборудования. Насосно компрессные трубы. Штанговый и электроцентробежные насосы.
2. Решить задачу. Определить расходную долю газа, объемное содержание газа, скорость проскальзывания и плотность смеси на приеме насоса. Заданы свойства нефти и газа, дебит нефти и коэффициент поверхностного натяжения.

Билет №3

1. Индикаторная диаграмма для насыщенного нефтяного пласта. Корреляции для построения индикаторной диаграммы (метод Вогеля, композитная диаграмма, метод Фетковича)

2. Решить задачу. Построить кривую VFP. Известны свойства нефти и газа, устьевое давление, диаметр НКТ. (Замечание: трубу разбить на несколько интервалов, свойства флюидов считать равными в пределах каждого интервала)

Критерии оценивания

оценка «отлично (10)» выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины при ответе билета, ответе на вопросы по программе дисциплины и при защите двух курсовых работ;

оценка «отлично (9)» выставляется студенту, показавшему систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины при ответе билета и ответе на вопросы по программе дисциплины и при защите двух курсовых работ;

оценка «отлично (8)» выставляется студенту, показавшему систематизированные, знания учебной программы дисциплины при ответе билета и ответе на вопросы по программе дисциплины и при защите двух курсовых работ

оценка «хорошо (7)» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности;

оценка «хорошо (6)» выставляется студенту, если он знает материал, по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе много неточностей;

оценка «хорошо (5)» выставляется студенту, если он знает материал, излагает его, умеет применять полученные знания на практике, не допускает в ответе грубых ошибок;

оценка «удовлетворительно (4)» выставляется студенту, если во время ответа он показал фрагментарный, характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения;

оценка «удовлетворительно (3)» выставляется студенту, если во время ответа он показал разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушение логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации;

оценка «неудовлетворительно (2-1)» выставляется студенту, если во время ответа, он показал что не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

При проведении экзамена обучающемуся предоставляется 60 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышать двух астрономических часов.

Во время проведения экзамена при подготовке ответов на билеты обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, конспектами семинаров и любой другой литературой.

Во время проведения экзамена при ответе обучающегося на вопросы по билету или по программе дисциплины он не может пользоваться конспектами семинаров и любой другой литературой.