

**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:	Физические процессы при заводнении пласта
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Фундаментальная и прикладная физика природных систем Физтех-школа Аэрокосмических Технологий кафедра теоретической и экспериментальной физики геосистем
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 30 час.

Самостоятельная работа: 60 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: А.А. Таирова, канд. физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры теоретической и экспериментальной физики геосистем 23.01.2025

Аннотация

Курс "Физические процессы при заводнении пласта" относится к вариативной части образовательной программы. Изучение данной дисциплины опирается на знания, полученные в процессе освоения дисциплины "Общая физика", "Математический анализ", "Уравнения математической физики", а также дисциплин по механике сплошных сред. Изучение учебной дисциплины направлено на углубление и расширение базовой профессиональной подготовки магистров, формирование соответствующих компетенций. По завершению курса студенты овладеют навыками использования известных аналитических решений, навыками использования экспериментальной техники, позволяющей, в том числе визуализировать течения в пористых средах.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- познакомить студентов с аналитическими методами решения некоторых фундаментальных задач гидродинамики течения вязких жидкостей, а также ознакомить студентов с методами современной экспериментальной техники, используемой для визуализации течений в пористых средах вязких жидкостей.

Задачи дисциплины

- дать студентам базовые знания о методах аналитического решения задач гидродинамики вязкой жидкости;
- научить самостоятельной работе с экспериментальной техникой, используемой для исследования устойчивости потоков вязких несмешивающихся жидкостей в пористых средах.

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
УК-3 Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной задачи	УК-3.2 Учитывает в своей социальной и профессиональной деятельности интересы, особенности поведения и мнения (включая критические) людей, с которыми работает/взаимодействует, в том числе посредством корректировки своих действий
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
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-4.2 Способен применять знания в области физико-математических наук для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
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-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в составе научного коллектива

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:

- аналитические решения известных фундаментальных задач гидродинамики течений вязких жидкостей;
- аналитические методы исследования устойчивости стационарных течений вязких жидкостей;
- экспериментальные способы визуализации течений в пористых средах.

уметь:

- построить физическую модель задачи;
- перейти к ее математической постановке с решением задачи;
- поставить эксперимент с поиском связи моделирующих параметров.

владеть:

- культурой постановки геофизических задач;
- навыками использования известных аналитических решений;
- навыками использования экспериментальной техники, позволяющей, в том числе визуализировать течения в пористых средах;
- навыками самостоятельной работы.

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	Уравнение непрерывности с переменной массой. Уравнение Навье - Стокса в импульсном представлении.			4	14
2	Стационарное течение. Течение в трубах. Пространственно плоское течение. Задача Рейнольдса.			10	14
3	Колебательное движение в вязкой жидкости.			6	14
4	Вытеснение жидкостей с разными вязкостями. Неустойчивость Саффмена-Тейлора.			6	14
5	Течение в проницаемых трубах. Гидроразрыв.			4	4
Итого часов				30	60
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

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

1. Уравнение непрерывности с переменной массой. Уравнение Навье - Стокса в импульсном представлении.

Уравнение непрерывности с переменной массой в индивидуальном движущемся объеме сплошной среды, с пористостью меняющейся со временем. Уравнение Эйлера и Навье-Стокса в импульсном представлении.

2. Стационарное течение. Течение в трубах. Пространственно плоское течение. Задача Рейнольдса.

Стационарное движение вязкой жидкости в трубах разной геометрии. Проницаемость. Вязкое трение и перепад давления вдоль трубы. Течение Куэтта и движение жидкости как целого по окружности. Ламинарность и завихренность в течении Пуазейля. Уравнение Лапласа.

3. Колебательное движение в вязкой жидкости.

Колебательные движения вязкой жидкости. Уравнение теплопроводности и течение вязкой жидкости.

4. Вытеснение жидкостей с разными вязкостями. Неустойчивость Саффмена-Тейлора.

Вытеснение несмешивающихся жидкостей с разными вязкостями. Время вытеснения. Условие плоскости фронта вытеснения. Неустойчивость фронта вытеснения. Условие неустойчивости фронта вытеснения Саффмена-Тейлора.

Влияние капиллярности на устойчивость фронта вытеснения. Лабораторная работа.

5. Течение в проницаемых трубах. Гидроразрыв.

Течение в проницаемых трубах. Связь с течением в трещине гидроразрыва. Скорость течения в трещине гидроразрыва.

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

персональный компьютер, проектор, экран, оптически прозрачная ячейка типа ячейки Хеле-Шоу, компьютер.

6.Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Механика сплошных сред [Текст]/Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, -М., Гостехиздат, 1954
1. Седов Л.И. Механика сплошной среды, Т.1 - М.: Наука., 1983. - 528 с.
2. Фабер Т.Е. Гидроаэродинамика. - М.: Постмаркет, 2001. - 559 с.
3. Черняк В.Г. Суетин П.Е., Механика сплошных сред. - М.: Физматлит, 2006. - 352 с.
4. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. - М.: Наука, 1978. - 736 с.

Дополнительная литература

- 1.Бетчелор Дж. Введение в динамику жидкости. - М.: Мир, 1973. - 758 с.

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

1. <http://lib.mipt.ru/> – электронная библиотека Физтеха
2. <http://www.edu.ru> – федеральный портал «Российское образование».
3. <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)

пакеты офисного программного обеспечения Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint), OpenOffice, ImagePro, MathLab, программный пакет Фортран.

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

Успешное освоение курса “ Физические процессы при заводнении пласта” требует большой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и понимание рекомендованной литературы,
- проработку учебного материала;
- решение задач, предлагаемых студентам.

Руководство и контроль за работой студента осуществляется в процессе практических занятий при активном взаимодействии с преподавателем: каждый студент должен написать программу на языке Фортран, необходимую для решения рассматриваемой геофизической задачи, или, когда это требуется, использовать готовый пакет, получить, визуализировать, а также интерпретировать полученные результаты.

Показателем владения материалом служит умение решать задачи и анализировать их результаты. 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 кафедра теоретической и экспериментальной физики геосистем
курс:	<u>1</u>
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Дифференцированный зачет

Разработчик: А.А. Таирова, 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
УК-3 Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной задачи	УК-3.2 Учитывает в своей социальной и профессиональной деятельности интересы, особенности поведения и мнения (включая критические) людей, с которыми работает/взаимодействует, в том числе посредством корректировки своих действий
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
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-4.2 Способен применять знания в области физико-математических наук для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
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-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в составе научного коллектива
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 «Физические процессы при заводнении пласта» обучающийся должен:

знать:

- аналитические решения известных фундаментальных задач гидродинамики течений вязких жидкостей;
- аналитические методы исследования устойчивости стационарных течений вязких жидкостей;
- экспериментальные способы визуализации течений в пористых средах.

уметь:

- построить физическую модель задачи;
- перейти к ее математической постановке с решением задачи;
- поставить эксперимент с поиском связи моделирующих параметров.

владеть:

- культурой постановки геофизических задач;
- навыками использования известных аналитических решений;
- навыками использования экспериментальной техники, позволяющей, в том числе визуализировать течения в пористых средах;
- навыками самостоятельной работы.

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

Текущий контроль осуществляется в форме лабораторной работы и аналитического решения каждым студентом ряда типичных гидродинамических задач.

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

1. Стационарная задача (течение Куэтта).
2. Плоское течение Пуазейля.
3. Стационарное течение жидкости по трубе произвольного сечения.
4. Определить течение жидкости по трубе эллиптического сечения.
5. Определить движение жидкости под влиянием поля тяжести.
6. Определить закон падения давления в трубе круглого сечения, по которой происходит изотермическое течение вязкого идеального газа.
7. Две параллельные плоские пластины радиуса R расположена одна над другой на малом расстоянии друг от друга; пространство между ними занято жидкостью. Пластины сдвигаются с постоянной скоростью u , вытесняя жидкость. Определить испытываемое пластинками сопротивление.
8. Показать, что течение вязкой несжимаемой жидкости между двумя близкими параллельными бесконечными плоскостями не потенциальное.
9. Как оценить пластовое давление?
10. Написать уравнение колебательного движения в вязкой жидкости.
11. Между двумя плоскостями имеется среда с проницаемостью k . Часть этой среды занята жидкостью с вязкостью μ_1 , а другая с вязкостью μ_2 . Определить время вытеснения жидкостью с вязкостью μ_1 жидкостью с вязкостью μ_2 .
12. Неустойчивость Саффмена-Тейлора. Капиллярный эффект.
13. Записать уравнение движения жидкости в канале с проницаемыми стенками.
14. Записать уравнение движения жидкости в канале с сужающимися проницаемыми стенками.
15. Определить длину трещины гидроразрыва пласта.

Критерии оценивания

оценка «отлично (10)» выставляется студенту, который выполнил все три задания без подсказок и помощи преподавателя;

оценка «отлично (9)» выставляется студенту, который выполнил все три задания с небольшой консультацией преподавателя;

оценка «отлично (8)» выставляется студенту, который выполнил все три задания с подсказкой преподавателя;

оценка «хорошо (7)» выставляется студенту, который выполнил два задания без подсказок и помощи преподавателя;

оценка «хорошо (6)» выставляется, который выполнил два задания с небольшой консультацией преподавателя;

оценка «хорошо (5)» выставляется, который выполнил два задания с подсказкой преподавателя;

оценка «удовлетворительно (4)» выставляется студенту, который выполнил одно задание без подсказок и помощи преподавателя;

оценка «удовлетворительно (3)» выставляется студенту, который выполнил одно задание с подсказкой преподавателя;

оценка «неудовлетворительно (2-1)» выставляется студенту, не решившему ни одной задачи.

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

Порядок проведения выполнения заданий (студенту предоставляется 1-3 часа):

Студент получает билет с тремя сформулированными в нем заданиями, самостоятельно выбирает программные средства для их выполнения и оформляет результаты моделирования в виде пояснительной записки.

Проверяется: выбор способа решения; правильность алгоритма; проверка результатов и их представления.

При выполнении задания студент может пользоваться любой литературой и ресурсами сети Интернет.

Порядок проведения дифференцированного зачета:

При проведении дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 10 минут на ответ тестового задания.

Во время проведения дифференцированного зачета при подготовке ответов на билеты обучающиеся не могут пользоваться конспектами лекций, семинаров и любой другой литературой.