

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Механико-математический факультет

УТВЕРЖДАЮ:  
Декан  
Л. В. Гензе

Рабочая программа дисциплины

**Теория фильтрации**

по направлению подготовки

**01.04.03 Механика и математическое моделирование**

Направленность (профиль) подготовки :  
**Механика жидкости, газа и нефтегазотранспортных систем**

Форма обучения  
**Очная**

Квалификация  
**Магистр**

Год приема  
**2024, 2025**

СОГЛАСОВАНО:  
Руководитель ОП  
А.М. Бубенчиков

Председатель УМК  
Е.А. Тарасов

Томск – 2024

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-1 Способен самостоятельно решать исследовательские задачи в рамках реализации научного (научно-технического, инновационного) проекта.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИПК 1.1 Проводит исследования, направленные на решение отдельных исследовательских задач

ИПК 1.2 Определяет способы практического использования научных (научно-технических) результатов

ИПК 1.3 Осуществляет наставничество в процессе проведения исследований

## **2. Задачи освоения дисциплины**

Научиться формулировать простые физические и математические модели процессов фильтрации жидкостей и газов в различных по своей структуре средах, а также применять в исследованиях математические и численные модели фильтрационных течений (ИПК 1.1).

Научиться анализировать результаты расчётов и делать выводы по применимости сформулированных математических моделей к месторождениям нефти и газа (ИПК 1.2).

Научиться разбивать большую задачу на мелкие простые подзадачи, которые можно поставить перед студентами младших курсов (ИПК 1.3).

## **3. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплина (модули)».

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор.

## **4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине**

Второй семестр, экзамен

## **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: компьютерный практикум по механике с применением пакета ANSYS Fluent.

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 часов, из которых:

-лекции: 32 ч.

-практические занятия: 32 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## **8. Содержание дисциплины, структурированное по темам**

Тема 1. Однофазная фильтрация.

Основные понятия однофазной фильтрации, закон Дарси. Закон сохранения массы. Плоскорадialная фильтрация. Формула Дюпюи. Формула Писмена. (ИПК 1.1)

Тема 2. Метод конечных объёмов.

Построение дискретных аналогов определяющих уравнений. Схемы дискретизации по времени и пространству. (ИПК 1.1, ИПК 1.3)

Тема 3. Работа с сеточными генераторами.

Создание различных типов сеток, определение начальных и граничных условий для разных областей сетки. (ИПК 1.1)

Тема 4. Создание программного кода для задач теории фильтрации.

Создание компьютерных программ на языке C++, создание и использование классов элементов и узлов расчётной сетки, а также класса самой сетки, обработка и использование данных из файлов, созданных в сеточных генераторах. (ИПК 1.1, ИПК 1.3)

Тема 5. Методы решения СЛАУ.

Методы прогонки, верхней релаксации, получение и анализ результатов. (ИПК 1.1, ИПК 1.2)

Тема 6. Двухфазная фильтрация.

Основные понятия многофазной фильтрации. Обобщённый закон Дарси. Закон сохранения массы для каждой из фаз. Преобразование уравнений при использовании IMPES схемы для дискретизации по времени. (ИПК 1.1, ИПК 1.3)

Тема 7. Фильтрация в средах с двойной пористостью.

Разновидности пустот в пористых средах. Основные понятия, используемые при описании течений в трещиноватых средах. Закон сохранения массы в средах с двойной пористостью. (ИПК 1.1)

## **9. Текущий контроль по дисциплине**

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проверки и защиты компьютерных программ, написанных студентами, и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр. При проверке программ оцениваются навыки использования численных методов для решения задач теории фильтрации (ИПК 1.1), умение студента проанализировать полученные результаты (ИПК 1.2), а также понимание студентом структуры и основных этапов решения задач (ИПК 1.3).

## **10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации**

Экзамен во втором семестре проводится в письменной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из двух частей. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

Примерный перечень теоретических вопросов:

1. Основные понятия теории фильтрации.
2. Закон Дарси. Закон сохранения массы.
3. Уравнения однофазной фильтрации. Начальные и граничные условия.
4. Использование метода конечных объёмов для решения задачи однофазной фильтрации несжимаемой жидкости.
5. Плоскорадиальная фильтрация несжимаемой жидкости.
6. Формула Дюпюи. Учёт скважин при численном моделировании.
7. Понятия насыщенности, относительной фазовой проницаемости. Капиллярное давление. Обобщённый закон Дарси.
8. Использование метода контрольного объёма для решения задачи двухфазной фильтрации.
9. Преобразования уравнений двухфазной фильтрации для применения IMPES схемы. Её ограничения, недостатки и преимущества.
10. Использование метода контрольного объёма и IMPES схемы для решения задачи двухфазной фильтрации.
11. Трещиноватые и трещиновато-пористые среды.
12. Уравнения неразрывности для трещиновато-пористой среды.

При ответе на данные вопросы оценивается понимание студентом основных математических моделей теории фильтрации и методов решения уравнений в частных производных, описывающих течения в пористых средах (ИПК 1.1), умение студента делать выводы относительно применимости сформулированных математических моделей к месторождениям нефти и газа (ИПК 1.2), а также понимание структуры и основных этапов решения задач теории фильтрации (ИПК 1.3).

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценка «отлично» ставится в том случае, если студент демонстрирует сформированные, систематические знания основных понятий и задач теории фильтрации. «Хорошо» - студент демонстрирует сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных понятий и задач теории фильтрации. «Удовлетворительно» - студент демонстрирует общие, но не структурированные знания основных понятий и задач теории фильтрации.

Оценка «неудовлетворительно» ставится в том случае, если студент демонстрирует частные, фрагментарные, неструктурированные знания основных понятий и задач теории фильтрации, либо знания полностью отсутствуют.

## **11. Учебно-методическое обеспечение**

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «IDo» - <https://lms.tsu.ru/course/view.php?id=12928>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) План практических занятий по дисциплине.

## **12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет**

а) основная литература:

1. Леонтьев Н.Е. Основы теории фильтрации. М.: МАКС Пресс. 2017. 88 с.
2. Басниев К.С., Дмитриев Н.М., Каневская Р.Д., Максимов В.М. Подземная гидромеханика. М., Ижевск: Инст. комп. исслед. 2019. 488 с.
3. Борхович С.Ю., Пчельников И.В., Колесова С.Б. Подземная гидромеханика. Ижевск: Изд. центр «Удмуртский университет». 2017. 176 с.

б) дополнительная литература:

1. Мамчистова Е.И., Мамчистова А.И., Насыров И.И. Основы теории фильтрации жидкости в пласте. Тюмень: Изд. центр БИК ТюмГНГУ. 2013. 32 с.
2. Куштанова Г.Г., Овчинников М.Н. Подземная гидромеханика. Казань: Изд. Казан. (Приволж.) федер. унив. 2010. 67 с.
3. Данилов В.Л. Вариационный принцип наименьшей скорости рассеяния энергии при фильтрации жидкостей в пористой среде и его приложения. М. [и др.]: Инст. комп. исслед. 2003. 107 с.

в) ресурсы сети Интернет:

- <http://e-science.sources.ru/> – портал естественных наук
- <http://www.coursera.org/> – сайт обучающих курсов ведущих вузов мира
- <https://ocw.mit.edu/index.htm> – сайт открытых онлайн-курсов

## **13. Перечень информационных технологий**

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

- операционные системы: Microsoft Windows 7
- средства разработки приложений и СУБД: Microsoft Visual Studio 2015
- пакеты математической и графической обработки данных: Golden Software Grapher, Golden Software Surfer
- пакеты для решения задач вычислительной гидродинамики: Gmsh

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ –  
<http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ –  
<http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>

– Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>

– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>

– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

#### **14. Материально-техническое обеспечение**

Интерактивный набор (доска Smart с проектором, экран и проектор EPSON)  
 13 Компьютеров

#### **15. Информация о разработчиках**

Диль Денис Олегович, к.ф.-м.н., кафедра теоретической механики, доцент