

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт математики и механики им. Н.И. Лобачевского



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ
проф. Таюрский Д.А.

"___" 20___ г.

Программа дисциплины

Теория многофазной фильтрации Б1.В.05

Направление подготовки: 01.04.03 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Механика жидкости, газа и плазмы

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2019

Автор(ы): Поташев К.А.

Рецензент(ы): Марданов Р.Ф.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Поташев К. А.

Протокол заседания кафедры № ___ от "___" 20___ г.

Учебно-методическая комиссия Института математики и механики им. Н.И. Лобачевского :

Протокол заседания УМК № ___ от "___" 20___ г.

Казань

2019

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
 - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
 - 4.2. Содержание дисциплины
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
 - 6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения
 - 6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
 - 6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
 - 6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
 - 7.1. Основная литература
 - 7.2. Дополнительная литература
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, д.н. (доцент) Поташев К.А. (Кафедра аэрогидромеханики, отделение механики), KPotashев@mail.ru

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Выпускник, освоивший дисциплину, должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-1	способностью к интенсивной научно-исследовательской деятельности;
ПК-5	способностью к творческому применению, развитию и реализации математически сложных алгоритмов в современных программных комплексах

Выпускник, освоивший дисциплину:

Должен знать:

основные факторы, влияющие на распределение и совместную фильтрацию отдельных фаз в пористой среде;

- постановку основных задач подземной гидродинамики в рамках многофазной фильтрации и методы их решения;
- способы описания капиллярных эффектов в случаях двух- и трехфазного насыщения;
- способы моделирования движения газированной жидкости в пористой среде.

Должен уметь:

- правильно выбирать необходимую модель для решения поставленной задачи многофазной фильтрации;
- правильно ставить граничные условия для различных задач многофазной фильтрации.

Должен владеть:

теоретическими и практическими знаниями о постановках и методах решения основных задач теории многофазной фильтрации флюидов в пористой среде.

Должен демонстрировать способность и готовность:

решения различных задач теории многофазной фильтрации несмешивающихся флюидов через пористые среды с использованием приобретенных теоретических знаний и практических навыков.

2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.05 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 01.04.03 "Механика и математическое моделирование (Механика жидкости, газа и плазмы)" и относится к вариативной части.

Осваивается на 1 курсе в 2 семестре.

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) на 144 часа(ов).

Контактная работа - 50 часа(ов), в том числе лекции - 18 часа(ов), практические занятия - 32 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 58 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен во 2 семестре.

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

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Основные понятия теории многофазной фильтрации	2	4	5	0	12
2.	Тема 2. Вытеснение из пористой среды одной несмешивающейся жидкости другой	2	4	5	0	8
3.	Тема 3. Структура течения при мелкомасштабном описании	2	3	4	0	8
4.	Тема 4. Описание трехфазной фильтрации	2	3	4	0	12
5.	Тема 5. Дополнительные разделы теории многофазной фильтрации	2	4	6	0	1
6.	Тема 6. Методы ремасштабирования фильтрационно-емкостных свойств резервуаров	2	4	6	0	4
7.	Тема 7. Методы интерпретации инструментальных измерений для идентификации фильтрационно-емкостных свойств резервуаров	2	4	6	0	1
	Итого		26	36	0	46

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Основные понятия теории многофазной фильтрации

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Распределение несмешивающихся фаз в пористой среде. Фазовая насыщенность. Капиллярное давление. Капиллярное равновесие в пористой среде. Гистерезис капиллярного давления. Обобщенный закон Дарси. Функция Леверетта. Фазовые проницаемости. Уравнения двухфазной фильтрации. Среднее давление для несжимаемых жидкостей.

практическое занятие (5 часа(ов)):

Простейшие емкостные расчеты запасов по распределению несмешивающихся фаз в пористой среде. Оценка величин капиллярного давления и состояния капиллярного равновесия в пористой среде.

Тема 2. Вытеснение из пористой среды одной несмешивающейся жидкости другой

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Задача Баклея-Леверетта. Крупномасштабное описание. С скачок насыщенности. Распространение скачка насыщенности. Геометрическая интерпретация. Лабораторные измерения функций, определяющих процесс вытеснения.

практическое занятие (5 часа(ов)):

Определение величины скачка насыщенности по функции Баклея-Леверетта. Определение фронтальной и средней насыщенности в безводный период добычи нефти. Расчет насыщенности после прорыва воды. Расчет коэффициента нефтеотдачи. Расчет параметров

вытеснения при заданном перепаде давления на границах пласта.

Тема 3. Структура течения при мелкомасштабном описании

лекционное занятие (3 часа(ов)):

Структура течения при мелкомасштабном описании. Стабилизированная зона. Граничные условия и концевые эффекты при мелкомасштабном описании. Капиллярная пропитка.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Выбор математических моделей и формулировка граничных условий для различных постановок задач теории многофазной фильтрации.

Тема 4. Описание трехфазной фильтрации

лекционное занятие (3 часа(ов)):

Описание трехфазной фильтрации. Подход Ленарда и Паркера к описанию капиллярных давлений при трехфазном насыщении пористой среды.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Расчет равновесного капиллярно-гравитационного распределения флюидов при трехфазном насыщении пористой среды по заданным капиллярным характеристикам.

Тема 5. Дополнительные разделы теории многофазной фильтрации

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Влияние силы тяжести на двухфазную фильтрацию флюидов. Движение газированной жидкости в пористой среде.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Семинарское занятие с представлением различных задач многофазной фильтрации, где необходим учет тех или иных дополнительных факторов, с формулировкой соответствующих математических моделей.

Тема 6. Методы ремасштабирования фильтрационно-емкостных свойств резервуаров

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Построение разностных схем для уравнений двухфазной фильтрации несжимаемых жидкостей. Обзор методов ремасштабирования (апскейлинга) фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) резервуаров.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Семинарское занятие с докладами примеров реализаций и сопоставления различных методов апскейлинга ФЕС.

Тема 7. Методы интерпретации инструментальных измерений для идентификации фильтрационно-емкостных свойств резервуаров

Обзор методов идентификации ФЕС резервуаров с помощью проведения инструментальных замеров, таких как кривые восстановления давления, профили приемистости и другие промыслово-геофизические исследования. Модели интерпретации КВД в различных типах пористых коллекторов.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Семинарское занятие с докладами о современном состоянии в области методов идентификации ФЕС резервуаров с помощью проведения инструментальных измерений.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержен приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301).

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996бин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Положение от 24 декабря 2015 г. № 0.1.1.67-06/265/15 "О порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет""

Положение № 0.1.1.67-06/241/15 от 14 декабря 2015 г. "О формировании фонда оценочных средств для проведения текущей, промежуточной и итоговой аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет""

Положение № 0.1.1.56-06/54/11 от 26 октября 2011 г. "Об электронных образовательных ресурсах федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет""

Регламент № 0.1.1.67-06/66/16 от 30 марта 2016 г. "Разработки, регистрации, подготовки к использованию в учебном процессе и удаления электронных образовательных ресурсов в системе электронного обучения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет""

Регламент № 0.1.1.67-06/11/16 от 25 января 2016 г. "О балльно-рейтинговой системе оценки знаний обучающихся в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет""

Регламент № 0.1.1.67-06/91/13 от 21 июня 2013 г. "О порядке разработки и выпуска учебных изданий в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет""

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
Семестр 2			
	Текущий контроль		
1	Письменное домашнее задание	ПК-1	1. Основные понятия теории многофазной фильтрации
2	Письменное домашнее задание	ПК-1	2. Вытеснение из пористой среды одной несмешивающейся жидкости другой
3	Письменное домашнее задание	ПК-1	3. Структура течения при мелкомасштабном описании
4	Контрольная работа	ПК-1 , ПК-5	1. Основные понятия теории многофазной фильтрации 2. Вытеснение из пористой среды одной несмешивающейся жидкости другой 3. Структура течения при мелкомасштабном описании
5	Письменное домашнее задание	ПК-1	4. Описание трехфазной фильтрации
6	Письменное домашнее задание	ПК-1	5. Дополнительные разделы теории многофазной фильтрации
7	Контрольная работа	ПК-1 , ПК-5	4. Описание трехфазной фильтрации 5. Дополнительные разделы теории многофазной фильтрации 6. Методы ремасштабирования фильтрационно-емкостных свойств резервуаров 7. Методы интерпретации инструментальных измерений для идентификации фильтрационно-емкостных свойств резервуаров
	Экзамен	ПК-1, ПК-5	

6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	

Семестр 2

Текущий контроль

Письменное домашнее задание	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьёзные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	1 2 3 5 6
-----------------------------	---	---	---	--	-----------------------

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Контрольная работа	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьёзные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	4 7
Экзамен	Обучающийся обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой дисциплины, усвоил взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.	Обучающийся обнаружил полное знание учебно-программного материала, успешно выполнил предусмотренные программой задания, усвоил основную литературу, рекомендованную программой дисциплины, показал систематический характер знаний по дисциплине и способен к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой, знаком с основной литературой, рекомендованной программой дисциплины, допустил погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.	Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.	

6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Семестр 2

Текущий контроль

1. Письменное домашнее задание

Тема 1

домашнее задание , примерные вопросы:

Распределение несмешивающихся фаз в пористой среде. Фазовая насыщенность.

Капиллярное давление. Капиллярное равновесие в пористой среде. Гистерезис капиллярного давления. Обобщенный закон Дарси. Функция Леверетта. Фазовые проницаемости. Уравнения двухфазной фильтрации. Среднее давление для несжимаемых жидкостей.

2. Письменное домашнее задание

Тема 2

устный опрос , примерные вопросы:

Задача Баклея-Леверетта. Крупномасштабное описание. С скачок насыщенности.

Распространение скачка насыщенности. Геометрическая интерпретация. Определение

фронтальной и средней насыщенности в безводный период добычи нефти. Расчет насыщенности после прорыва воды. Расчет коэффициента нефтеотдачи. Расчет параметров вытеснения при заданном перепаде давления на границах пласта. Лабораторные измерения функций, определяющих процесс вытеснения.

3. Письменное домашнее задание

Тема 3

устный опрос , примерные вопросы:

Структура течения при мелкомасштабном описании. Стабилизированная зона. Граничные условия и концевые эффекты при мелкомасштабном описании. Капиллярная пропитка.

4. Контрольная работа

Темы 1, 2, 3

тестирование , примерные вопросы:

Описание трехфазной фильтрации. Подход Ленарда и Паркера к описанию капиллярных давлений при трехфазном насыщении пористой среды.

5. Письменное домашнее задание

Тема 4

устный опрос , примерные вопросы:

Влияние силы тяжести на двухфазную фильтрацию флюидов. Движение газированной жидкости в пористой среде.

6. Письменное домашнее задание

Тема 5

домашнее задание , примерные вопросы:

Цель и назначение процедур ремасштабирования (апскейлинг). Апскейлинг ёмкостных свойств пласта. Апскейлинг абсолютной проницаемости. Тензор проницаемости. Апскейлинг относительных фазовых проницаемостей (ОФП). Модифицированные функции ОФП.

Упрощенные аналитические методики апскейлинга фильтрационных свойств слоистых пластов.

7. Контрольная работа

Темы 4, 5, 6, 7

устный опрос , примерные вопросы:

Понятие кривых падения давления и восстановления уровня. Принципы обработки данных, полученных при гидродинамических исследованиях скважин (ГДИС). Упрощенные методы интерпретации данных ГДИС.

Экзамен

Вопросы к экзамену:

Вопросы экзаменационных билетов.

1. Понятие многофазной фильтрации. Распределение фаз. Капиллярное давление.
2. Обобщенный закон Дарси. Функция Леверетта. ОФП.
3. Уравнения двухфазной фильтрации. Среднее давление.
4. Задача Баклея-Леверетта. Крупномасштабное описание. Скачок насыщенности.
5. Распространение скачка насыщенности. Геометрическая интерпретация.
6. Определение фронтальной насыщенности и средней насыщенности в безводный период.
7. Расчет насыщенности после прорыва воды. Расчет коэффициента нефтеотдачи.
8. Расчет параметров вытеснения при заданном перепаде давления на границах пласта.
9. Лабораторные измерения функций, определяющих процесс вытеснения.
10. Структура течения при мелкомасштабном описании. Стабилизированная зона.
11. Граничные условия и концевые эффекты при мелкомасштабном описании.
12. Капиллярная пропитка.
13. Описание трехфазной фильтрации. Подход Ленарда и Паркера.
14. Влияние силы тяжести на двухфазную фильтрацию флюидов.
15. Движение газированной жидкости в пористой среде.
16. Методы ремасштабирования фильтрационно-ёмкостных свойств резервуаров.
17. Методы интерпретации гидродинамических исследований скважин.

6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

В КФУ действует балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся. Суммарно по дисциплине (модулю) можно получить максимум 100 баллов за семестр, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов.

Для зачёта:

56 баллов и более - "зачтено".

55 баллов и менее - "не зачтено".

Для экзамена:

86 баллов и более - "отлично".

71-85 баллов - "хорошо".

56-70 баллов - "удовлетворительно".

55 баллов и менее - "неудовлетворительно".

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
Семестр 2			
Текущий контроль			
Письменное домашнее задание	Обучающиеся получают задание по освещению определённых теоретических вопросов или решению задач. Работа выполняется письменно дома и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	1 2 3 5 6	10 5 5 5 10
Контрольная работа	Контрольная работа проводится в часы аудиторной работы. Обучающиеся получают задания для проверки усвоения пройденного материала. Работа выполняется в письменном виде и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	4 7	10 5
Экзамен	Экзамен нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Экзамен проводится в устной или письменной форме по билетам, в которых содержатся вопросы (задания) по всем темам курса. Обучающемуся даётся время на подготовку. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

7.1 Основная литература:

1. Практические занятия по механике сплошной среды: учебно-методическое пособие / К.А. Поташев. - Казань: Казанский университет, 2010. - 44 с.
2. Марон, В.И. Гидравлика двухфазных потоков в трубопроводах [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.И. Марон. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2012. - 256 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/3189>. - Загл. с экрана.
3. Высоцкий, Л.И. Математическое и физическое моделирование потенциальных течений жидкости [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л.И. Высоцкий, Г.Р. Коперник, И.С. Высоцкий. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2014. - 64 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/44842>. - Загл. с экрана.

7.2. Дополнительная литература:

1. Новиков, И.И. Термодинамика [Электронный ресурс] : учебное пособие / И.И. Новиков. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2009. - 592 с.
Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/286>.
2. Кадет В. В.Перколяционный анализ гидродинамических и электрохимических процессов в пористых средах: Монография / В.В. Кадет. - М.: НИЦ Инфра-М, 2013. - 256 с.
<http://znanium.com/bookread.php?book=346195>

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

Water Resources Research - [http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/\(ISSN\)1944-7973](http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/(ISSN)1944-7973)

Научная электронная библиотека - <http://elibrary.ru/>

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Студентам необходимо посещать лекции, вести конспект лекций вслед за изложением материала преподавателем. Рекомендуется прорабатывать конспект в течение дня после лекции и просматривать его вновь накануне следующей лекции. В случае обнаружения ошибок или возникновения вопросов по предыдущему материалу необходимо обратиться к преподавателю.
практические занятия	Для подготовки к практическим занятиям студенту рекомендуется предварительно прорабатывать как лекционный материал, так и материал предыдущих практических занятий. Основой для подготовки служит добросовестное выполнение домашнего задания. Для успешного решения задач первой части курса студентам рекомендуется вспомнить материал, освоенный в предыдущих семестрах в рамках базовых математических дисциплин.
самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов состоит из двух основных частей - проработка лекционного материала и выполнения домашних заданий. Для освоения теоретического и практического материала, в случае, когда конспектов оказывается недостаточным, или для более детальной проработки отдельных тем рекомендуется использовать литературу, указанную в соответствующем разделе. Все возникающие вопросы рекомендуется заранее четко сформулировать и впоследствии обсудить с преподавателем.
письменное домашнее задание	Письменные домашние задания предназначены для самостоятельной проработки лекционного материала и овладения практическими навыками его применения для решения задач. Для освоения теоретического и практического материала, в случае, когда конспектов оказывается недостаточным, или для более детальной проработки отдельных тем рекомендуется использовать литературу, указанную в соответствующем разделе. Все возникающие вопросы рекомендуется заранее четко сформулировать и впоследствии обсудить с преподавателем.
контрольная работа	При подготовке к выполнению контрольных работ студентам рекомендуется проработать соответствующий материал, заблаговременно сформулировать и задать преподавателю возникшие вопросы, подготовить краткий справочный материал по используемым уравнениям и формулам при решении задач для сокращения затрачиваемого времени.
экзамен	Подготовку к экзамену рекомендуется разделить на два этапа. На первом этапе прорабатываются все экзаменационные вопросы и формулируются вопросы к преподавателю в рамках консультации по разделам, недостаточно подробно описанным в рамках лекционного курса или более трудным в освоении материала. После консультации происходит окончательная проработка и закрепление материала по всем экзаменационным вопросам.

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

Освоение дисциплины "Теория многофазной фильтрации" предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

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

Освоение дисциплины "Теория многофазной фильтрации" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи;
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачётке или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 01.04.03 "Механика и математическое моделирование" и магистерской программе Механика жидкости, газа и плазмы .