

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сыров Игорь Анатольевич
Должность: Директор
Дата подписания: 25.11.2022 08:47:34
Уникальный программный ключ:
b683afe664d7e9f64175886cf9626a198149ad36

СТЕРЛИТАМАКСКИЙ ФИЛИАЛ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«УФИМСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»

Факультет
Кафедра

Естественнонаучный
Общей и теоретической физики

Аннотация рабочей программы дисциплины (модуля)

дисциплина ***Б1.О.31 Гидромеханика, подземная гидромеханика, гидромеханика многофазных сред***

обязательная часть

Специальность

21.05.05 ***Физические процессы горного или нефтегазового производства***
код наименование специальности

Программа

специализация N 2 "Физические процессы нефтегазового производства"

Форма обучения

Заочная

Для поступивших на обучение в
2022 г.

Стерлитамак 2022

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций

Формируемая компетенция (с указанием кода)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине (модулю)
<p>ОПК-18. Способен применять навыки анализа горно-геологических условий при эксплуатационной разведке и добыче полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов, в том числе при освоении ресурсов шельфа морей и океанов</p>	<p>ОПК-18.1. Рассматривает методы выбора анализа горно-геологических условий при эксплуатационной разведке и добыче полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов, в том числе при освоении ресурсов шельфа морей и океанов.</p>	<p>Обучающийся должен знать: основы дифференциального и интегрального исчисления, аналитической геометрии и линейной алгебры, численные методы решения уравнений; о химическом составе, строении и свойствах веществ; физические основы механики; молекулярной физики и термодинамики; принципы применения современных информационных технологий в науке и предметной деятельности</p>
	<p>ОПК-18.2. Применяет на практике навыки анализа горно-геологических условий при эксплуатационной разведке и добыче полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов, в том числе при освоении ресурсов шельфа морей и океанов.</p>	<p>Обучающийся должен уметь: использовать математический аппарат, знание физических и химических свойств веществ при изучении термодинамических свойств веществ и расчете их процессов; использовать информационные технологии при изучении естественнонаучных дисциплин</p>
	<p>ОПК-18.3. Осуществляет анализ горно-геологических условий при эксплуатационной разведке и добыче полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов, в том числе при освоении ресурсов шельфа морей и океанов.</p>	<p>Обучающийся должен владеть: методами дифференцирования, интегрирования функций, основными аналитическими и численными методами решения алгебраических и дифференциальных уравнений и их систем; основными методами теоретического и экспериментального исследования физических и химических явлений; методами поиска и обработки информации как вручную, так и с применением современных информационных технологий</p>

ПК-4. Способен разрабатывать и внедрять новые передовые технологии в области геологоразведки и подсчета углеводородного сырья	ПК-4.1. Планирует технологии геологических изысканий; технологии проведения, обработки и интерпретации геолого-геофизических работ.	Обучающийся должен знать: физическую сущность и параметры процессов производства при добыче, переработке и транспорте углеводородного сырья, как на суше, так и на море; газожидкостные течения в трубах и пластах; физическую сущность основного комплекса геофизических методов, способов их геологической интерпретации.
	ПК-4.2. Внедряет передовые технологии в процесс поиска и разведки нефтяных и газовых месторождений; разрабатывает и внедряет передовые технологии подсчета запасов и управления запасами.	Обучающийся должен уметь: использовать законы и закономерности физических процессов добычи, переработки и транспорта углеводородов, включая добычу, транспорт и переработку на шельфе, с целью комплексного использования георесурсов; обрабатывать статистическую информацию, получаемую при изучении свойств пласта для обоснования технологий разработки месторождений и создания трубопроводных систем.
	ПК-4.3. Принимает участие в разработке и подготовке предложений новых методик и технологий в области геологоразведки и подсчета запасов; внедрение новых технологий в производственный процесс.	Обучающийся должен владеть: научными и инженерными навыками для решения задач нефтегазового производства и реализации технологического регламента процессов добычи, переработки и транспортировке углеводородного сырья, включая шельфовые нефтегазовые технологии; гидродинамическими методами анализа аварийных ситуаций в нефтегазовом производстве.

2. Цели и место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Цели изучения дисциплины:

формирование у студентов знаний в области основных закономерностей теоретической и прикладной гидромеханики применительно к деятельности специалиста в нефтегазовом

производстве и умения творчески выполнять необходимые расчеты гидротехнических сооружений, грамотно эксплуатировать гидравлическое оборудование.

Дисциплина реализуется в рамках обязательной части.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: «Механика», «Молекулярная физика», «Колебания и волны», «Математические методы физики», «Теоретическая механика; механика сплошных сред», «Безопасность жизнедеятельности», «Геология», «Промысловая геофизика».

Компетенции, сформированные в рамках изучения дисциплины «Гидромеханика, подземная гидромеханика, гидромеханика многофазных сред» потребуются при выполнении ВКР.

Дисциплина изучается на 3, 4, 5 курсах в 6, 7, 8, 9 семестрах

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

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 432 акад. ч.

Объем дисциплины	Всего часов
	Заочная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины	432
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	
лекций	24
практических (семинарских)	26
другие формы контактной работы (ФКР)	2,6
Учебных часов на контроль (включая часы подготовки):	19,4
дифференцированный зачет	
экзамен	
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	360

Формы контроля	Семестры
дифференцированный зачет	7
экзамен	8, 9

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

4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

№ п/п	Наименование раздела / темы дисциплины	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			СР
		Контактная работа с преподавателем			
		Лек	Пр/Сем	Лаб	

1	Раздел 1	16	14	0	146
1.1	Введение. Гидростатическое давление	1	0	0	8
1.2	Основное уравнение гидростатики. Давление в жидкости	1	1	0	6
1.3	Установившееся и неустановившееся движение жидкости.	1	1	0	10
1.4	Уравнение Бернулли	2	1	0	8
1.5	Гидравлические сопротивления. Режимы течения	1	1	0	6
1.6	Местные сопротивления.	0	1	0	10
1.7	Классификация трубопроводов и основные расчетные формулы.	0	1	0	8
1.8	Истечение жидкости	2	2	0	10
1.9	Уравнение Бернулли для неустановившегося движения.	1	2	0	6
1.10	Модели фильтрационного течения и коллекторов.	1	0	0	8
1.11	Характеристики коллекторов.	1	0	0	6
1.12	Законы фильтрации.	1	1	0	4
1.13	Дифференциальный подход к описанию фильтрационного течения.	0	1	0	6
1.14	Уравнения течения для пористых сред.	0	1	0	6
1.15	Уравнения фильтрации для трещиновато-пористой среды.	0	0	0	6
1.16	Виды одномерных потоков.	1	0	0	6
1.17	Исследование одномерных течений.	1	0	0	12
1.18	Сравнительный анализ основных видов одномерного течения по закону Дарси.	1	1	0	8
1.19	Исследование плоско-радиального течения.	1	0	0	12
2	Раздел 2	8	8	0	83
2.1	Анализ одномерных потоков при нелинейных законах фильтрации.	1	1	0	4
2.2	Фильтрация в неоднородных средах.	0	0	0	4
2.3	Упругая жидкость.	1	0	0	4
2.4	Примеры течений.	0	1	0	4
2.5	Неустановившаяся фильтрация газа в пористой среде.	0	0	0	4
2.6	Основные характеристики многофазной фильтрации.	1	1	0	4
2.7	Исходные уравнения многофазной фильтрации.	0	0	0	4
2.8	Потенциальное движение газированной жидкости.	0	0	0	4
2.9	Одномерные модели вытеснения несмешивающихся жидкостей.	0	0	0	6
2.10	Задача Баклея-Леверетта и ее обобщения.	1	1	0	4
2.11	Задача Рапопорта-Лиса.	1	1	0	6
2.12	Реологические модели фильтрующихся жидкостей и нелинейные законы фильтрации.	0	0	0	4

2.13	Одномерные задачи фильтрации вязкопластичной жидкости.	0	0	0	4
2.14	Образование застойных зон при вытеснении нефти водой.	0	0	0	4
2.15	Приток к совершенной скважине.	1	1	0	4
2.16	Приток к батареям скважин.	0	0	0	4
2.17	Сущность математического моделирования.	1	0	0	4
2.18	Актуальность математического моделирования. Основные проблемы математического моделирования полей давлений.	0	0	0	3
2.19	Общие уравнения многофазной фильтрации.	1	1	0	4
2.20	Основные модели изотермической фильтрации и задачи механики в нефтедобыче.	0	1	0	4
3	Раздел 3	0	4	0	131
3.1	Фильтрация однородной упругой жидкости в деформируемом пласте.	0	1	0	18
3.2	Двухфазная фильтрация.	0	1	0	16
3.3	Капиллярные процессы в пористой среде.	0	0	0	22
3.4	Многокомпонентная фильтрация.	0	1	0	22
3.5	Фильтрация двухкомпонентной жидкости.	0	1	0	20
3.6	Неизотермическая фильтрация.	0	0	0	15
3.7	Физика разведки, разработки нефтегазовых месторождений.	0	0	0	18
	Итого	24	26	0	360

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Курс лекционных занятий

№	Наименование раздела / темы дисциплины	Содержание
1	Раздел 1	
1.1	Введение. Гидростатическое давление	Методы исследований, используемые в гидравлике. Основные физические свойства жидкости. Силы, действующие на жидкость. Гидростатическое давление и его свойства. Дифференциальные уравнения гидростатики и их интегрирование. Равновесие несжимаемой жидкости в поле сил тяжести. Поверхности равных давлений
1.2	Основное уравнение гидростатики. Давление в жидкости	Закон Паскаля, использование его в практической деятельности. Абсолютное и избыточное давление. Вакуум. Пьезометрическая высота и гидростатический напор, энергетический смысл основного уравнения гидростатики. Методы определения силы и центра давления жидкости на плоские и криволинейные поверхности. Эпюры давления. Плавание тел в жидкости. Закон Архимеда.

1.3	Установившееся и неустановившееся движение жидкости.	
1.4	Уравнение Бернулли	
1.5	Гидравлические сопротивления. Режимы течения	Потери напора при установившемся движении жидкости. Распределение скоростей при ламинарном и турбулентном движении жидкости. Коэффициент гидравлического трения. Исследования Никурадзе. Влияние режима движения жидкости и шероховатости трубопровода на линейный коэффициент гидравлического сопротивления и потери напора. Гидравлические гладкие и шероховатые трубы. Методика расчета потерь напора в трубах. ,
1.8	Истечение жидкости	
1.9	Уравнение Бернулли для неустановившегося движения.	Опорожнение резервуаров. Гидравлический удар в трубопроводах. Повышение давления в гидростатическом ударе. Полный и неполный удар. Способы уменьшения давления при гидравлическом ударе.
1.10	Модели фильтрационного течения и коллекторов.	Модель фильтрационного течения. Понятие сплошной среды. Термодинамические условия. Моделирование по времени и пространству. Виды моделей по степени сжимаемости. Понятие о многофазных системах. Реологические модели. Модели коллекторов. Геометрические модели (классификация коллекторов по видам пустотных пространств; идеализированные модели пористых сред; фиктивный и идеальный грунты; идеализированные модели трещиновато-пористых сред). Механические модели (реологические модели горных пород; изотропные и анизотропные среды).
1.11	Характеристики коллекторов.	
1.12	Законы фильтрации.	Пористая среда. Скорость фильтрации. Линейный закон фильтрации Дарси (запись закона через связь напора с расходом и через связь скорости с давлением; дифференциальная запись закона; коэффициент фильтрации и его связь с проницаемостью; размерность основных фильтрационных параметров в метрических и смешанной системах единиц). Границы применимости закона Дарси (условия соблюдения закона Дарси; физическое объяснение причин нарушения линейности закона фильтрации; количественная оценка области применимости закона Дарси. Нелинейные законы фильтрации). Трещиноватая среда. Линейный закон фильтрации (проницаемость трещиноватых сред; зависимость проницаемости от давления; границы применимости линейного закона фильтрации). Нелинейные законы фильтрации для трещиноватых сред (области преимущественного нарушения линейного закона в трещиновато-пористой среде).

1.16	Виды одномерных потоков.	Определение одномерного потока и его виды. Описание одномерных потоков.
1.17	Исследование одномерных течений.	
1.18	Сравнительный анализ основных видов одномерного течения по закону Дарси.	Анализ потенциального движения трёх видов одномерного течения в общем виде.
1.19	Исследование плоско-радиального течения.	
2	Раздел 2	
2.1	Анализ одномерных потоков при нелинейных законах фильтрации.	Несжимаемая жидкость в недеформируемом пласте (вид основного уравнения; отличие индикаторной зависимости, кривой распределения давления и воронки депрессии от закона Дарси). Идеальный газ в недеформируемом пласте (отличие индикаторной зависимости, кривой распределения давления и воронки депрессии от закона Дарси). Однородная несжимаемая жидкость в деформируемом пласте (особенности индикаторной зависимости). Идеальный газ в деформируемом пласте (отличие индикаторной зависимости от несжимаемой жидкости в деформируемом пласте).
2.3	Упругая жидкость.	Понятия об упругом режиме пласта (упругий режим фильтрации и его особенности; виды упругого режима; зависимость эффекта нестационарности от проницаемости, вязкости и упругости жидкости, пласта). Основные параметры теории упругого режима (коэффициенты объёмной упругости пласта; упругий запас; подсчет упругого запаса жидкости; коэффициент пьезопроводности; параметры Фурье). Дифференциальное уравнение неустановившейся фильтрации упругой жидкости (уравнение пьезопроводности).
2.6	Основные характеристики многофазной фильтрации.	Гомо- и гетерогенные системы. Насыщенность. Уравнение Дарси для многофазных систем. Зависимость относительных проницаемостей от насыщенности для двух и трёхфазной систем. Капиллярное давление. Вид функции Леверетта. Области необходимости учета капиллярного давления.
2.10	Задача Баклея-Леверетта и ее обобщения.	Функция Баклея-Леверетта (физический смысл; график в зависимости от насыщенности и его объяснение; зависимость от отношения вязкостей вытесняющей и вытесняемой жидкостей). Дисперсия волн. Природа скачка насыщенности.
2.11	Задача Рапопорта-Лиса.	Размазывание скачка насыщенностей. Стабилизированная зона насыщенностей.
2.15	Приток к совершенной скважине.	Фильтрационный поток от нагнетательной скважины к эксплуатационной. Приток к совершенной скважине. Приток к группе скважин с удаленным контуром питания. Приток к скважине в пласте с прямолинейным контуром питания. Приток к

		скважине, расположенной вблизи непроницаемой прямолинейной границы. Приток к скважине в пласте с произвольным контуром питания.
2.17	Сущность математического моделирования.	Прямые и обратные задачи. Математическая модель – идеализированная модель реального процесса.
2.19	Общие уравнения многофазной фильтрации.	Уравнение сохранения массы жидкости в пористой среде. Уравнение движения жидкости в пористой среде (закон Дарси). Микромеханика пористой среды. Капиллярные силы. Капиллярное давление. Функция Леверетта.

Курс практических/семинарских занятий

№	Наименование раздела / темы дисциплины	Содержание
1	Раздел 1	
1.2	Основное уравнение гидростатики. Давление в жидкости	Закон Паскаля, использование его в практической деятельности. Абсолютное и избыточное давление. Вакуум. Пьезометрическая высота и гидростатический напор, энергетический смысл основного уравнения гидростатики. Методы определения силы и центра давления жидкости на плоские и криволинейные поверхности. Эпюры давления. Плавание тел в жидкости. Закон Архимеда. Семинарское занятие. Решение задач
1.3	Установившееся и неустановившееся движение жидкости.	Линия тока, струйка, поток. Расход жидкости. Живые сечения потока. Средняя скорость. Гидравлический радиус. Уравнение неразрывности потока. Семинарское занятие. Решение задач
1.4	Уравнение Бернулли	Уравнение Бернулли для идеальной жидкости и его интерпретация. Особенности движения реальных жидкостей. Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости при установившемся движении жидкости, геометрическое и энергетическое толкование и его практические применения. Семинарское занятие. Решение задач
1.5	Гидравлические сопротивления. Режимы течения	Потери напора при установившемся движении жидкости. Распределение скоростей при ламинарном и турбулентном движении жидкости. Коэффициент гидравлического трения. Исследования Никурадзе. Влияние режима движения жидкости и шероховатости трубопровода на линейный коэффициент гидравлического сопротивления и потери напора. Гидравлические гладкие и шероховатые трубы. Методика расчета потерь напора в трубах. Семинарское занятие. Решение задач
1.6	Местные сопротивления.	Измерение коэффициента сопротивления в зависимости от его вида и числа Рейнольдса. Семинарское занятие. Решение задач
1.7	Классификация трубопроводов и основные расчетные формулы.	Гидравлический расчет трубопроводов при последовательном и параллельном соединении. Расчет трубопроводов с непрерывным изменением

		расхода по длине. Основы расчета сложного незамкнутого и замкнутого трубопроводов. Семинарское занятие. Решение задач
1.8	Истечение жидкости	
1.9	Уравнение Бернулли для неустановившегося движения.	
1.12	Законы фильтрации.	Пористая среда. Скорость фильтрации. Линейный закон фильтрации Дарси (запись закона через связь напора с расходом и через связь скорости с давлением; дифференциальная запись закона; коэффициент фильтрации и его связь с проницаемостью; размерность основных фильтрационных параметров в метрических и смешанных системах единиц). Границы применимости закона Дарси (условия соблюдения закона Дарси; физическое объяснение причин нарушения линейности закона фильтрации; количественная оценка области применимости закона Дарси. Нелинейные законы фильтрации). Трещиноватая среда. Линейный закон фильтрации (проницаемость трещиноватых сред; зависимость проницаемости от давления; границы применимости линейного закона фильтрации). Нелинейные законы фильтрации для трещиноватых сред (области преимущественного нарушения линейного закона в трещиновато-пористой среде). Семинарское занятие. Решение задач
1.13	Дифференциальный подход к описанию фильтрационного течения.	Дифференциальный подход к описанию фильтрационного течения. Изотермическое приближение и область его применения. Семинарское занятие. Решение задач
1.14	Уравнения течения для пористых сред.	Общая система уравнений. Уравнения потенциального движения (потенциал; выражение закона Дарси через потенциал; уравнение Лапласа и его свойства). Семинарское занятие. Решение задач
1.18	Сравнительный анализ основных видов одномерного течения по закону Дарси.	Анализ потенциального движения трёх видов одномерного течения в общем виде. Семинарское занятие. Решение задач
2	Раздел 2	
2.1	Анализ одномерных потоков при нелинейных законах фильтрации.	Несжимаемая жидкость в недеформируемом пласте (вид основного уравнения; отличие индикаторной зависимости, кривой распределения давления и воронки депрессии от закона Дарси). Идеальный газ в недеформируемом пласте (отличие индикаторной зависимости, кривой распределения давления и воронки депрессии от закона Дарси). Однородная несжимаемая жидкость в деформируемом пласте (особенности индикаторной зависимости). Идеальный газ в деформируемом пласте (отличие индикаторной зависимости от несжимаемой жидкости в

		деформируемом пласте). Семинарское занятие. Решение задач
2.4	Примеры течений.	<p>Приток к скважине в пласте неограниченных размеров. Точное решение для плоско-радиального течения; приближенное решение и область его использования; пьезометрические кривые при пуске скважины в бесконечном пласте с постоянным дебитом. Приток к скважине в пласте конечных размеров в условиях упруго-водонапорного и замкнуто-упругого режима. Круглый горизонтальный пласт с открытой внешней границей (пьезометрические кривые при пуске скважины в бесконечном пласте с постоянным дебитом и постоянным забойным давлением; изменение дебита со временем при работе скважины с постоянным забойным давлением). Круглый горизонтальный пласт с закрытой внешней границей (пьезометрические кривые при пуске скважины в конечном пласте с постоянным дебитом и постоянным забойным давлением; изменение дебита со временем при работе скважины с постоянным забойным давлением). Взаимодействие скважин (отличие кривой КВД в случае периодически работающей скважины от разового пуска). Определение коллекторских свойств пласта по данным исследования скважин нестационарными методами (уравнение КВД и определяемые фильтрационно-ёмкостные параметры; причины появления нелинейности в кривой КВД). Семинарское занятие. Решение задач</p>
2.6	Основные характеристики многофазной фильтрации.	<p>Гомо- и гетерогенные системы. Насыщенность. Уравнение Дарси для многофазных систем. Зависимость относительных проницаемостей от насыщенности для двух и трёхфазной систем. Капиллярное давление. Вид функции Леверетта. Области необходимости учета капиллярного давления. Семинарское занятие. Решение задач</p>
2.10	Задача Баклея-Леверетта и ее обобщения.	<p>Функция Баклея-Леверетта (физический смысл; график в зависимости от насыщенности и его объяснение; зависимость от отношения вязкостей вытесняющей и вытесняемой жидкостей). Дисперсия волн. Природа скачка насыщенности. Семинарское занятие. Решение задач</p>
2.11	Задача Рапопорта-Лиса.	<p>Размазывание скачка насыщенностей. Стабилизированная зона насыщенностей. Семинарское занятие. Решение задач</p>
2.15	Приток к совершенной скважине.	<p>Фильтрационный поток от нагнетательной скважины к эксплуатационной. Приток к совершенной скважине. Приток к группе скважин с удаленным контуром питания. Приток к скважине в пласте с прямолинейным контуром питания. Приток к скважине, расположенной вблизи непроницаемой</p>

		прямолинейной границы. Приток к скважине в пласте с произвольным контуром питания. Семинарское занятие. Решение задач
2.19	Общие уравнения многофазной фильтрации.	Уравнение сохранения массы жидкости в пористой среде. Уравнение движения жидкости в пористой среде (закон Дарси). Микромеханика пористой среды. Капиллярные силы. Капиллярное давление. Функция Леверетта. Семинарское занятие. Решение задач
2.20	Основные модели изотермической фильтрации и задачи механики в нефтедобыче.	Фильтрация однородной несжимаемой жидкости. Приток жидкости в скважину. Формула Дюпюи. Применение ТФКП к решению плоских задач фильтрации. Простейшие типы плоских фильтрационных течений. Семинарское занятие. Решение задач
3	Раздел 3	
3.1	Фильтрация однородной упругой жидкости в деформируемом пласте.	Упругий режим фильтрации. Уравнения состояния упругой жидкости, газа и пористой среды. Функция Лейбензона. Уравнение пьезопроводности. Автомодельная постановка задачи о притоке упругой жидкости в скважину. Распределение давления в пласте при постоянном расходе жидкости, притекающем в скважину. Кривые восстановления давления, определения свойств пласта по данным гидродинамических исследований скважин. Семинарское занятие. Решение задач
3.2	Двухфазная фильтрация.	Безразмерные уравнения. Второе капиллярное число. Задача Баклея-Леверетта. Разрывные решения. Условия на разрывах. Расчет коэффициента вытеснения нефти. Двухфазная фильтрация с учетом гравитации. Методы увеличения нефтеотдачи пластов. Семинарское занятие. Решение задач
3.4	Многокомпонентная фильтрация.	Основные определения и уравнения. Диффузия и адсорбция в пористой среде. Семинарское занятие. Решение задач
3.5	Фильтрация двухкомпонентной жидкости.	Безразмерная система уравнений, критерии подобия. Диффузия несорбирующейся примеси в пласте. Распространение несорбирующейся примеси в потоке. Движение оторочки примеси. Конвективный перенос сорбирующейся примеси без диффузии. Метод характеристик. Простые волны. Пересечение характеристик, разрывы. Перенос оторочки сорбирующейся примеси. Влияние типа изотермы адсорбции на перенос примеси. Неравновесный случай адсорбции. Фильтрация двух примесей с учетом равновесной адсорбции. Фильтрация раствора реагента с учетом адсорбции и диффузии. Семинарское занятие. Решение задач