

УТВЕРЖДАЮ

Проректор-директор ИЦР

Дмитриев А.Ю.

«23» 09 2013 г.

БАЗОВАЯ РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«ПОДЗЕМНАЯ ГИДРОМЕХАНИКА»

Направление ООП: 131000 «Нефтегазовое дело»

Профиль подготовки: Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти

Квалификация: бакалавр

Базовый учебный план приема 2013 г.

Курс 4, семестр 7

Количество кредитов: 3


Код дисциплины БЗ.В.3.7

Виды учебной деятельности	Временной ресурс
Лекции, ч.	16
Практические занятия, ч.	24
Лабораторные занятия, ч.	
Аудиторные занятия, ч.	40
Самостоятельная работа, ч.	59
ИТОГО, ч.	99

Вид промежуточной аттестации: экзамен

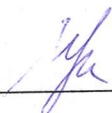
Обеспечивающая подразделение: кафедра «Геология и разработка нефтяных месторождений»

Заведующая кафедрой,
к.г.-м.н., доцент

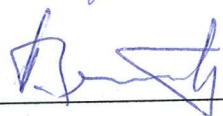
 О.С. Чернова

Руководитель ООП

к.х.н., доцент

 Н.В. Чухарева

Преподаватель,
д.т.н., профессор

 П.Н. Зятиков

2013 г.

1. Цели освоения дисциплины

Цели освоения дисциплины: формирование у обучающихся базовых знаний, связанных с научно-исследовательской и производственной работой в области совершенствования создания гидродинамических моделей.

В результате освоения данной дисциплины бакалавр приобретает знания, умения и навыки, обеспечивающие достижение целей **Ц1, Ц2, Ц5** основной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению «Нефтегазовое дело».

Код цели	Формулировка цели	Требования ФГОС и заинтересованных работодателей
Ц1	Готовность выпускников к производственно-технологической и проектной деятельности, обеспечивающей модернизацию, внедрение и эксплуатацию оборудования для добычи, транспорта и хранения нефти и газа	Требования ФГОС, критерии АИОР, соответствие международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Потребности научно-исследовательских центров ОАО «ТомскНИПИнефть» и предприятий нефтегазовой промышленности, предприятия ООО «Газпром», АК «Транснефть»
Ц2	Готовность выпускников к умению обосновывать и отстаивать собственные заключения и выводы в аудиториях разной степени междисциплинарной профессиональной подготовленности	Требования ФГОС, критерии АИОР, соответствие международным стандартам EUR-ACE и FEANI, запросы отечественных и зарубежных работодателей
Ц5	Готовность выпускников к самообучению и непрерывному профессиональному самосовершенствованию в условиях автономии и самоуправления	Требования ФГОС, критерии АИОР, соответствие международным стандартам EUR-ACE и FEANI, запросы отечественных и зарубежных работодателей

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина Б3.В.3.7 «Подземная гидромеханика» относится к профилю «Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти» подготовки бакалавров по направлению 131000 «Нефтегазовое дело».

Дисциплине «Программные комплексы в разработке месторождений углеводородов» предшествует освоение дисциплин (ПРЕРЕКВИЗИТЫ): «Математика» (Б2.Б1), «Физика» (Б2.Б2), «Физика пласта» (Б2.В2.2) «Компьютерное моделирование в нефтегазовом деле» (Б3.В14), «Разработка нефтяных и газовых месторождений» (Б3.В8.2).

Содержание разделов дисциплины «Подземная гидромеханика» согласовано с содержанием дисциплин, изучаемых параллельно (КОРЕКВИЗИТЫ):

«Программные комплексы в разработке месторождений углеводородов» (Б1.В.3.12), «Технологии эксплуатации нефтяных и газовых скважин» (Б3.В.3.4), «Сбор и подготовка продукции нефтяных и газовых скважин» (Б3.В.3.1.).

Задачами изучения дисциплины являются:

- изучение основных законов гидродинамических процессов протекающих при разработке залежей нефти и газа
- решение научно-исследовательских и прикладных задач, возникающих при проектировании разработки нефтяных и газовых месторождений, на качественно новом уровне;
- поиск и анализ профильной научно-технической информации;
- применение полученных знаний, навыков и умений в последующей профессиональной деятельности.

Студент обеспечивается:

- учебными пособиями и методическими указаниями по выполнению практических работ;
- компьютеризированными заданиями для выполнения индивидуальных практических работ.

3. Результаты освоения дисциплины

В соответствии с требованиями ООП освоение дисциплины направлено на формирование у студентов следующих компетенций (результатов обучения), в т.ч. в соответствии с ФГОС:

Таблица 1

Составляющие результатов обучения, которые будут получены при изучении данной дисциплины

Результаты обучения (компетенции из ФГОС)	Составляющие результатов обучения					
	Код	Знания	Код	Умения	Код	Владение опытом
<p align="center">Р7</p> <p>Эффективно работать индивидуально и в коллективе по междисциплинарной тематике, организовывать работу первичных производственных подразделений, обеспечивать корпоративные интересы и соблюдать корпоративную этику ОК-4, ОК-5, ОК-6, ПК-12, ПК-15, ПК-16,</p>	31.3.1.7 1	Законы фильтрации несжимаемой и сжимаемой жидкостей	У.1.71	Решать и проводить анализ задач по установившимся потокам жидкости и газа	В.1.72	Методикой организации и проведения вычислительного эксперимента на ЭВМ
<p align="center">Р9</p> <p>Определять, систематизировать и получать необходимые данные для экспериментально-исследовательской деятельности в нефтегазовой отрасли ОК-1, ОК-7, ОК-21, ПК-4, ПК-17÷ПК20</p>	3.9.21	Методы расчета одномерных установившихся потоков жидкости и газа	У.9.21	Определять необходимые данные для построения моделей, описывающие технологические процессы	В.9.21	Методами отладки и тестирования моделей, доказывающих их адекватность
<p align="center">Р10</p> <p>Планировать, проводить, анализировать, обрабатывать экспериментальные исследования с интерпретацией полученных результатов с использованием современных методов моделирования и компьютерных технологий ОК-1, ОК-4, ПК-1, ПК-10, ПК-17÷ПК20, ПК-21</p>	3.10.13	<p>Постановку и решение задач неустановившихся течений газа</p> <p>Основные понятия и уравнения многофазных потоков и фильтрации неньютоновских жидкостей</p>	У.10.13	Решать и проводить анализ задач по неустановившимся течениям упругой жидкости и газа, а также по фильтрации неньютоновских жидкостей и многофазным потокам	В.10.13	Методиками расчета одномерных однородных и многофазных потоков жидкости и газа (при нестационарном и стационарном течении, также неньютоновские жидкости)

В результате освоения дисциплины (модуля) «Подземная гидромеханика» студентом должны быть достигнуты следующие результаты:

Таблица 2

Планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересо- ванных сторон</i>
<i>В соответствии с общекультурными компетенциями</i>		
P3	Уметь самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВПО (ОК-1, ОК-2, ОК-6, ОК-7, ОК-9, ПК-1, ПК-17) (АВЕТ-3i).
<i>В соответствии с профессиональными компетенциями в области общепрофессиональной деятельности</i>		
P4	Грамотно решать профессиональные инженерные задачи с использованием современных образовательных и информационных технологий	Требования ФГОС ВПО (ОК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5) (ЕАС-4.2d), (АВЕТ3e)
<i>в области производственно-технологической деятельности</i>		
P5	Управлять технологическими процессами, эксплуатировать и обслуживать оборудование нефтегазовых объектов	Требования ФГОС ВПО (ПК-6, ПК-7, ПК-8)
<i>в области экспериментально-исследовательской деятельности</i>		
P9	Определять, систематизировать и получать необходимые данные для экспериментально-исследовательской деятельности в нефтегазовой отрасли	Требования ФГОС ВПО (ОК-1, ОК-7, ОК-21, ПК-4, ПК-17÷ПК20)
P10	Планировать, проводить, анализировать, обрабатывать экспериментальные исследования с интерпретацией полученных результатов с использованием современных методов моделирования и компьютерных технологий	Требования ФГОС ВПО (ОК-1, ОК-4, ПК-1, ПК-11, ПК-17÷ПК20) (АВЕТ-3b),

Соответствие целей и результатов обучения подготовки бакалавров по направлению 131000 «Нефтегазовое дело».

Взаимное соответствие целей ООП и результатов обучения

Результаты обучения	Цели ООП				
	Ц1	Ц2	Ц3	Ц4	Ц5
Р3	+				+
Р4		+		+	
Р5	+		+		
Р9		+			+
Р10		+		+	

Лабораторные занятия не предусмотрены в соответствии с учебным планом.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1 Аннотированное содержание разделов дисциплины:

1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОДЗЕМНОЙ ГИДРОМЕХАНИКИ

Введение

Цель, задачи курса и его связь со смежными дисциплинами. Краткий исторический очерк развития механики жидкости и газа. Области применения подземной гидромеханики при разработке нефтяных и газовых месторождений.

Понятие о моделировании. Математическое и физическое моделирование. Требования к моделям.

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).

Характеристики коллекторов. Параметры пористой среды (пористость, просветность и их взаимосвязь; гранулометрические характеристики - распределения частиц по размерам, эффективный диаметр, гидравлический радиус пор, удельная поверхность; параметры, связанные с наличием флюидов - насыщенность, связанность, проницаемость - виды, размерность). Параметры трещинной среды (трещиноватость, густота, раскрытость; факторы, влияющие на раскрытость трещин).

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; коэффи-

циент 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).

2. ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ ФИЛЬТРАЦИИ

Дифференциальный подход к описанию фильтрационного течения. Изотермическое приближение и область его применения.

Уравнения течения для пористых сред. Общая система уравнений. Уравнения потенциального движения (потенциал; выражение закона Дарси через потенциал; уравнение Лапласа и его свойства).

Уравнения фильтрации для трещиновато-пористой среды. Особенности трещиновато-пористой среды и их влияние на вид уравнений движения.. Начальные и граничные условия (внешняя и внутренняя граница). Замыкающие соотношения (зависимость параметров флюидов и коллекторов от давления).

3. УСТАНОВИВШАЯСЯ ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ОДНОМЕРНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ

Виды одномерных потоков. Определение одномерного потока и его виды. Описание одномерных потоков.

Исследование одномерных течений. Задача исследования. Решение общего дифференциального уравнения установившегося потенциального одномерного потока. Показатель формы потока. Потенциальные функции (несжимаемая жидкость и недеформируемый пласт, несжимаемая жидкость и трещиноватый пласт, упругая жидкость и недеформируемый пласт, совершенный газ и недеформируемый пласт, реальный газ и недеформируемый пласт).

Сравнительный анализ основных видов одномерного течения по закону Дарси. Анализ потенциального движения трёх видов одномерного течения в общем виде.

Исследование плоско-радиального течения. Течение несжимаемой жидкости через недеформируемый пласт (вид кривых изменения давления и его градиента, формула Дюпюи, индикаторная диаграмма, коэффициент продуктивности и его размерность, воронка депрессии, депрессия, характер зависимости дебита от радиуса контура). Течение несжимаемой жидкости в

трещиноватом пласте (сравнительный анализ изменения параметров течения и индикаторной диаграммы с недеформируемым пластом). Потенциальное движение упругой жидкости через недеформируемый пласт (линейно связанные параметры, отличие от несжимаемой жидкости, условия возможности пренебрежения сжимаемостью жидкости). Течение совершенного газа через недеформируемый пласт (сравнительный анализ изменения параметров течения и индикаторной диаграммы с несжимаемой жидкостью). Реальный газ и недеформируемый пласт (области использования по давлению и депрессии, отличие индикаторной зависимости от совершенного газа, характер изменения дебита от дебита совершенного газа).

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).

Фильтрация в неоднородных средах. Макро и микро-неоднородности. виды неоднородностей и их особенности. Особенности двухзональной неоднородности в области скважины.

4. НЕСТАЦИОНАРНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ УПРУГОЙ ЖИДКОСТИ И ГАЗА

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).

Примеры течений. 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 (пьезометри-

ческие 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).

Неустановившееся фильтрация газа в пористой среде. Уравнение Лейбензона (методы линеаризации и аналогии с упругой жидкостью; кривые распределения давления по координате и времени).

5. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ФИЛЬТРАЦИИ МНОГОФАЗНЫХ СИСТЕМ

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.

Исходные уравнения многофазной фильтрации. Уравнения неразрывности. Уравнения движения. Замыкающие соотношения (капиллярное давление; уравнения состояния флюидов).

Потенциальное движение газированной жидкости. Природа газированной жидкости. Газированная жидкость – многофазная система. Параметры газированной жидкости. Особенности фазовой проницаемости.

Одномерные модели вытеснения несмешивающихся жидкостей. Основные допущения. Система уравнений. Начальные и граничные условия. Модель Рапопорта-Лиса. Модель Баклея-Леверетта.

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.

Задача Рапопорта – Лиса. Размазывание скачка насыщенностей. Стабилизированная зона насыщенностей.

6. ОСНОВЫ ФИЛЬТРАЦИИ НЕНЬЮТОНОВСКИХ ЖИДКОСТЕЙ

Реологические модели фильтрующихся жидкостей и нелинейные законы фильтрации. Закон Ньютона. Классы неньютоновских жидкостей (названия и реологические законы). Типы стационарно-реологических жидкостей (названия; реологические законы; графическая зависимость касательного напряжения от градиента скорости; примеры). Закон фильтрации в случае вязкопластичной жидкости (выражение закона; индикаторные линии). Области проявления неньютоновских эффектов. Причина одновременного включения пропластков различной проницаемости. Степенной закон.

Одномерные задачи фильтрации вязкопластичной жидкости. Вид индикаторной зависимости и её отличие от ньютоновской жидкости. Вид индикаторной зависимости для слоисто-неоднородного пласта. Отличие зависимости КВД неньютоновской жидкости от ньютоновской.

Образование застойных зон при вытеснении нефти водой. Схема образования застойных зон и её объяснение. Параметр коэффициента охвата.

5. Образовательные технологии

При изучении дисциплины «Подземная гидромеханика» следующие образовательные технологии:

Таблица 3

Методы и формы организации обучения

Методы	ФОО	Лекц.	Лаб. раб.	Пр. зан./ сем.,	Тр.*, Мк**	СРС	К. пр.***
ИТ-методы							
Работа в команде							+
Case-study							
Игра							
Методы проблемного обучения				+			
Обучение на основе опыта							
Опережающая самостоятельная работа							
Проектный метод							
Поисковый метод							
Исследовательский метод		+				+	
Другие методы							

* – Тренинг, ** – мастер-класс, *** – командный проект

Для достижения поставленных целей преподавания дисциплины реализуются следующие средства, способы и организационные мероприятия:

- изучение теоретического материала дисциплины на лекциях с использованием компьютерных технологий;
- самостоятельное изучение теоретического материала дисциплины с использованием *Internet*-ресурсов, информационных баз, методических разработок, специальной учебной и научной литературы;
- закрепление теоретического материала при проведении практических работ.

5. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов (СРС)

6.1 Текущая и опережающая СРС, направленная на углубление и закрепление знаний, а также развитие практических умений заключается в:

- работе студентов с лекционным материалом, поиск и анализ литературы и электронных источников информации по заданной проблеме,
- выполнении домашних заданий,
- изучении тем, вынесенных на самостоятельную проработку,
- изучении теоретического материала к практическим занятиям,
- подготовке к контрольным точкам и экзамену.

6.1.1. Темы, выносимые на самостоятельную проработку:

1	Фильтрационно-емкостные свойства коллекторов
2	Основы дифференциального описания фильтрационных течений
3	Исследование течения неньютоновской жидкости
4	Сравнительный анализ течения флюидов при плоско-радиальном течении
5	Исследование нестационарного течения приближенными методами
6	Течение газированной жидкости

6.2 Творческая проблемно-ориентированная самостоятельная работа (ТСР) направлена на развитие интеллектуальных умений, комплекса универсальных (общекультурных) и профессиональных компетенций, повышение творческого потенциала студентов и заключается в:

- поиске, анализе, структурировании и презентации информации, анализе научных публикаций по определенной теме исследований,
- исследовательской работе и участии в научных студенческих конференциях.

6.2.1. Примерный перечень научных проблем и направлений научных исследований:

1. Исследование влияния несовершенства нефтяных скважин на продуктивность
2. Сравнительный анализ изменения радиуса призабойной зоны от типа коллектора
3. Сравнительный анализ приближенных методов исследования нестационарных течений.
4. Исследование влияния величины призабойного давления на продуктивность нефтяной скважины.

7. Средства текущей и итоговой оценки качества освоения дисциплины (фонд оценочных средств)

7.1. Рейтинговая система

Оценка успеваемости студентов осуществляется по результатам:
- самостоятельного выполнения лабораторной работы,
- устного опроса при сдаче выполненных индивидуальных заданий, тестового контроля и во время сдачи экзаменов в шестом семестре.

При изучении курса "Подземная гидромеханика" используется рейтинговая система оценки знаний студентов.

Предусмотрено поощрение активных студентов дополнительными баллами:

за участие в олимпиадах по дисциплине (количество набранных на олимпиаде баллов умножается на 10),

написание рефератов (20 баллов за реферат),

досрочную сдачу самостоятельного расчетного задания (10 баллов по каждому заданию),

выполнение дополнительных заданий (20 баллов за задание).

Итоговый контроль состоит из двух частей: решение 2 задач и тестовые испытания по курсу (100 тестов с общим временем 60 минут)

7.2. Контролирующие материалы

7.2.1. Текущий контроль

Текущий контроль проводится в начале каждого практического занятия путём тестирования группы студентов по материалам, как правило, прочитанного на лекциях раздела. Текущий контроль преследует цель выработать у студента потребность к систематической работе по освоению материала дисциплины.

Вопросы текущего контроля

1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОДЗЕМНОЙ ГИДРОМЕХАНИКИ

- 1) На чем базируются построения математических и физических моделей?
- 2) Основные требования адекватности моделей реальным процессам.
- 3) Основное требование осреднения параметров по пространству, дающее право считать их непрерывным.
- 4) Почему в нефтяной гидромеханике процесс фильтрации флюидов можно считать изотермическим?
- 5) Назовите примеры нестационарных и стационарных процессов в нефтегазовой гидродинамике.
- 6) Модели флюидов по степени сжимаемости.
- 7) В чем отличие многофазной модели от гомогенной? Приведите примеры.
- 8) Определение ньютоновской и неньютоновских жидкостей. Примеры.
- 9) Виды моделей коллекторов с геометрической точки зрения.
- 10) Идеализированные модели пористых коллекторов.
- 11) Реологические модели горных пород.
- 12) Какие среды называются изотропными и анизотропными?
- 13) Виды пористости и их определения? Размерности.
- 14) Виды проницаемости и их определения? Размерности в различных системах единиц и их связь между собой.

- 15) Определение эффективного диаметра.
- 16) Что такое насыщенность и связанность? Чему равна сумма насыщенностей?
- 17) Удельная поверхность – определение, размерность, характерные значения для коллекторов.
- 18) Определение густоты.

2. ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ ФИЛЬТРАЦИИ

1. Скорость фильтрации, физический смысл и связь с истинной скоростью.
2. Уравнение неразрывности. Его физический смысл.
3. Уравнение сохранения количества движения.
4. Объяснение закона Дарси из общего уравнения сохранения количества движения.
5. Градиент: вид данной функции в декартовой системе координат и объяснение составляющих данного представления, тип (векторный или скалярный), тип аргумента (векторный или скалярный).
6. Дивергенция: вид данной функции в декартовой системе координат и объяснение составляющих данного представления, тип (векторный или скалярный), тип аргумента (векторный или скалярный).
7. Вид закона Дарси.
8. Нижняя граница применимости закона Дарси для пористой среды. Закон фильтрации для нижней области.
9. Верхняя граница применимости закона Дарси для пористой среды. Законы фильтрации для верхней области.
10. Критерии применимости закона Дарси для пористой среды.
11. Верхняя граница применимости закона Дарси для трещинной среды. Критерии применимости закона Дарси для трещинной среды.
12. Что такое потенциальное течение?
13. Потенциал поля скоростей и выражение для закона Дарси через потенциал.
14. Вывод основного уравнения потенциального фильтрационного течения.
15. Оператор Лапласа: вид данной функции в декартовой системе координат, тип (векторный или скалярный), тип аргумента (векторный или скалярный).
16. Свойства уравнения Лапласа.
17. Замыкающие соотношения.
18. Связь пластового давления с эффективным. Что такое эффективное давление?

3. УСТАНОВИВШАЯСЯ ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ОДНОМЕРНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ

1. Какие потоки называются одномерными?
2. Прямолинейно-параллельный поток. Примеры.
3. Плоскорадиальный поток. Примеры.
4. Радиально-сферический поток. Примеры.

5. Что входит в исследование фильтрационного течения.
6. Общее дифференциальное уравнение потенциального одномерного потока.
7. Показатель формы потока.
8. Получение выражения для потенциала и дебита плоскорадиального течения.
9. Получение выражения для потенциала и дебита прямолинейно-параллельного и радиально-сферического течений.
10. Потенциал несжимаемой жидкости в недеформируемом (пористом) пласте.
11. Потенциал несжимаемой жидкости в деформируемом (трещинном) пласте.
12. Потенциал упругой жидкости в недеформируемом пласте.
13. Потенциал сжимаемой жидкости (газа) в недеформируемом (пористом) пласте.
14. Уравнение Дюпюи.
15. Коэффициент продуктивности. Размерность.
16. Депрессия и воронка депрессии.
17. Методика получения закона движения частиц жидкости.
18. Методика вывода средневзвешенного давления.
19. Индикаторная зависимость и индикаторная диаграмма.
20. Нарисовать и объяснить графики давления, скорости фильтрации для несжимаемой жидкости в пористом и трещинном пластах.
21. Нарисовать и объяснить графики давления, скорости фильтрации для несжимаемой жидкости и газа в пористом пласте.
22. Нарисовать и объяснить индикаторные диаграммы для несжимаемой жидкости в пористом и трещинном пластах. В каких координатах надо строить диаграммы, чтобы получить прямолинейные зависимости.
23. Нарисовать и объяснить индикаторные диаграммы для несжимаемой жидкости и газа в пористом пласте. В каких координатах надо строить диаграммы, чтобы получить прямолинейные зависимости.
24. Отличие уравнений притока и дебита для несжимаемой жидкости, текущей по закону Дарси и по двухчленному закону.
25. Зависимость величины проницаемости от метода обработки индикаторной диаграммы.
26. Слоистая неоднородность. Зональная неоднородность.
27. Эффективная проницаемость квазиоднородного пласта при слоистой неоднородности.
28. Эффективная проницаемость прямолинейно-параллельного течения квазиоднородного пласта при зональной неоднородности.
29. Эффективная проницаемость плоскорадиального течения квазиоднородного пласта при зональной неоднородности.
30. Характер изменения дебита и давления в случаях слоистой и зональной неоднородностей.
31. Виды несовершенств скважины. Совершенная скважина.

32. Приведенный радиус. Относительное вскрытие.
33. Радиус зоны влияния несовершенств по степени и характеру вскрытия.
34. Влияние радиуса скважины на её производительность при линейной и нелинейной фильтрации и различных типов одномерного течения.

4. НЕСТАЦИОНАРНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ УПРУГОЙ ЖИДКОСТИ И ГАЗА

1. Определяющие формы пластовой энергии при упругом режиме.
2. Коэффициент объёмной упругости жидкости.
3. Упругий запас.
4. Чему равен коэффициент упругоёмкости пласта?
5. Коэффициентом пьезопроводности для упругой жидкости.
6. Коэффициентом пьезопроводности для газовых пластов.
7. Параметр Фурье.
8. Уравнение пьезопроводности упругой жидкости и его вывод.
9. Интегрально-показательная функция и ее свойства.
10. Уравнение КВД. Области использования.
11. Пьезометрические кривые при пуске скважины в конечном пласте с открытой внешней границей с постоянным дебитом.
12. Пьезометрические кривые при пуске скважины в конечном пласте с открытой внешней границей с постоянным забойным давлением.
13. Изменение дебита скважины с течением времени при постоянном забойном давлении.
14. Пьезометрические кривые при пуске скважины в конечном пласте с закрытой внешней границей при постоянном дебите.
15. Пьезометрические кривые при пуске скважины в конечном пласте с закрытой внешней границей при постоянном забойном давлении.

5. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ФИЛЬТРАЦИИ МНОГОФАЗНЫХ СИСТЕМ

1. Гомо- и гетерогенные системы.
2. Насыщенность порового пространства i -й фазой.
3. Скорость фильтрации i -й фазы.
4. Закон Дарси для i -й фазы.
5. Зависимость относительных проницаемостей от насыщенности.
6. От каких параметров зависит относительная проницаемость?
7. Что такое капиллярное давление и от каких параметров оно зависит?
8. Почему сумма относительных проницаемостей меньше 1?
9. Нарисуйте диаграмму для определения границ преобладания потоков различных фаз при трехфазном течении.
10. Как зависит функция Леверетта от насыщенности в случае насыщения и пропитки?
11. Условия существования газированной нефти.
12. Объёмный газовый фактор.
13. Закон Генри растворимости газа в жидкости.
14. Чему равно значение равномерной насыщенности?

15. Объемный коэффициент нефти.
16. Взаимосвязь дебитов газированной и гомогенной жидкостей.
17. Зависимость дебита газированной жидкости от величины пластового давления. Физическое объяснение.
18. Отличие индикаторной диаграммы газированной жидкости от гомогенной.
19. Особенности поведения дебитов и газового фактора для газированной жидкости во время пуска скважины.
20. Классы пород по степени смачиваемости.
21. Допущения теории одномерного движения двухфазной жидкости в пористой среде.
22. Функция Баклея – Леверетта или функция распределения потоков фаз.
23. Модель Рапопорта – Лиса.
24. Модель Баклея – Леверетта.
25. Вид функции Баклея – Леверетта и её производной.
26. Физический смысл функции Баклея – Леверетта.
27. Характер изменения функции Баклея – Леверетта в зависимости от изменения относительной вязкости.
28. Стабилизированная зона насыщенности.

6. ОСНОВЫ ФИЛЬТРАЦИИ НЕНЬЮТОНОВСКИХ ЖИДКОСТЕЙ

1. Закон Ньютона и его графическое представление.
2. Классы неньютоновских жидкостей.
3. Стационарно реологические жидкости.
4. Нестационарно реологические жидкости.
5. Вязкоупругие жидкости.
6. Виды стационарно реологических жидкостей.
7. Вязкопластичные жидкости.
8. Псевдопластичные жидкости.
9. Дилатантные жидкости.
10. Закон фильтрации вязкопластичной жидкости.
11. Степенной закон фильтрации.
12. Образование застойных зон при вытеснении нефти водой.

7.2.2. Рубежный контроль

При изучении курса "Подземная гидромеханика" проводятся 8 рубежных контролей. Рубежный контроль проводится в часы практических занятий, в виде электронных тестов.

Пример теста

Уравнение неразрывности при стационарном течении газа эквивалентно

постоянству массового расхода
 постоянству объёмного расхода
 постоянству температуры
 постоянству плотности

постоянству давления

При нелинейной фильтрации несжимаемой жидкости в трещиноватом пласте индикаторная зависимость (дебит – депрессия) является
прямой

параболой второго порядка

суммой парабол четвертого и второго порядка

параболой четвертого порядка

параболой третьего порядка

7.2.3. Итоговый контроль

Итог изучения курса - зачёт. Билет итогового контроля включает одну задачу и 3 теоретических вопроса по различным разделам дисциплины

Образец экзаменационного билета

Томский
политехнический университет



Институт
природных ресурсов

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

по дисциплине Подземная гидромеханика

кафедра **ГРHM**

курс 4

1. Вывод общего дифференциального уравнения потенциального движения (уравнение Лапласа для установившегося течения) (20 баллов).
2. Определить коэффициент фильтрации и проницаемость, если известно, что площадь поперечного сечения горизонтально расположенного образца песчаника $F=30\text{см}^2$, длина образца $L=15\text{ см}$, разность давлений на входе жидкости в образец и на выходе $\Delta p=0,2\text{ ат}$, удельный вес жидкости $\gamma = 1000\text{ кг/м}^3$, динамический коэффициент вязкости $\mu=4\text{ спз}$ и расход Q равен 5 л/час (10 баллов).
3. Определить дебит Q дренажной галереи шириной $B = 100\text{ м}$, если мощность пласта $h = 10\text{ м}$, расстояние до контура питания $L=10\text{ км}$, проницаемость пласта $k=1\text{ дарси}$, динамический коэффициент вязкости $\mu=1\text{ сп}$, давление на контуре питания $p_k=100\text{ ат}$ и давление в галерее $p_c= 75\text{ ат}$. Движение несжимаемой жидкости напорное по закону Дарси (10 баллов).

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение модуля

8.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература:

1. Квеско, Бронислав Брониславович Подземная гидромеханика [Электронный ресурс] : учебное пособие / Б. Б. Квеско, Е. Г. Карпова; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Институт природных ресурсов (ИПР), Кафедра геологии и разработки нефтяных месторождений (ГРНМ). — 2-е изд.. — 1 компьютерный файл (pdf; 1.9 МВ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2012. — Заглавие с титульного экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Системные требования: Adobe Reader..

Схема доступа:

<http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2013/m020.pdf>

2. Дмитриев, Николай Михайлович Введение в подземную гидромеханику : учебное пособие / Н. М. Дмитриев, В. В. Кадет; Российский государственный университет нефти и газа им. И. М. Губкина (РГУ Нефти и Газа). — 2-е изд., испр. и доп.. — Москва: ЦентрЛитНефтеГаз, 2009. — 268 с.: ил..
3. Подземная гидромеханика / К. С. Басниев [и др.]. — 2-е изд., испр.. — Москва; Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2006. — 488 с.
4. Басниев В.С. и др. Подземная гидромеханика. — М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2005.—496с.
5. Квеско Б.Б., Карпова Е.Г. . Подземная гидромеханика: учебное пособие. — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010.— 168с.

Дополнительная литература:

1. Черных, В. А. Математические концепции гидрогеомеханики / В. А. Черных. — Москва: Изд-во РУДН, 2013. — 448 с.

2. Нефтегазовые технологии [Электронный ресурс]. Ч. 1. — Москва Регулярная и хаотическая динамика, 2005. — 1 Мультимедиа CD-ROM. — Электронная библиотека. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Системные требования: Pentium 100 MHz, 16 Mb RAM, Windows 95/98/NT/2000, CDROM, SVGA, звуковая карта, Internet Explorer 5.0 и выше.

Схема доступа:

<http://www.lib.tpu.ru/isoimages/fn-1329.iso>

Нефтегазовые технологии [Электронный ресурс]. — Мультимедиа ресурсы (10 директорий; 100 файлов; 740МВ). — Москва: Регулярная и хаотическая динамика, 2005. — 2 Мультимедиа CD-ROM. — 2 CD в футляре. — К 75-летию Российского государственного университета нефти и газа им. И. М. Губкина. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Системные требования: Pentium 100 MHz, 16 Mb RAM, Windows 95/98/NT/2000, CDROM, SVGA, звуковая карта, Internet Explorer 5.0 и выше..

Схема доступа:

http://www.lib.tpu.ru/isoimages/fn-1466_1.iso

http://www.lib.tpu.ru/isoimages/fn-1466_2.iso

3. Щелкачев В.Н., Лапук Б.Б. Подземная гидравлика. — Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001.— 736 с.

4. Костюченко С.В., Ямпольский В.З. Мониторинг и моделирование нефтяных залежей. Томск: Изд-во НТЛ, 2000.–240с.

8.2. Информационное обеспечение /Программное обеспечение и интернет-ресурсы/

MathType, Office2007, SunRuv

Internet–ресурсы (в т.ч. Перечень мировых библиотечных ресурсов):

- www.oil-industry.ru – журнал «Нефтяное хозяйство»;
- www.dobi.oglib.ru – электронная библиотека «Нефть и газ»;
- www.nglib.ru – портал научно-технической информации электронной библиотеки «Нефть и газ»;
- www.ngpedia.ru – большая энциклопедия нефти и газа;
- www.rsl.ru – российская государственная библиотека;
- www.nlr.ru – российская национальная библиотека.

Используемое программное обеспечение:

1. пакеты Microsoft Office
2. PanSystem® Программное обеспечение для анализа испытаний скважин.

8. Рейтинг качества освоения дисциплины (модуля)

Оценка качества освоения дисциплины в ходе текущей и промежуточной аттестации обучающихся осуществляется в соответствии с «Руководящими материалами по текущему контролю успеваемости, промежуточной и итоговой аттестации студентов Томского политехнического университета», утвержденными приказом ректора № 77/од от 29.11.2011 г.

В соответствии с «Календарным планом изучения дисциплины»:

- текущая аттестация (оценка качества усвоения теоретического материала (ответы на вопросы и др.) и результаты практической деятельности (решение задач, выполнение заданий, решение проблем и др.) производится в течение семестра (оценивается в баллах (максимально 60 баллов), к моменту завершения семестра студент должен набрать не менее 33 баллов);
- промежуточная аттестация (экзамен, зачет) производится в конце семестра (оценивается в баллах (максимально 40 баллов), на экзамене (зачете) студент должен набрать не менее 22 баллов).

Итоговый рейтинг по дисциплине определяется суммированием баллов, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам.

Итоговый рейтинг выполнения курсового проекта (работы) определяется суммированием баллов, полученных в ходе текущей и промежуточной ат-

тестаций. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам.

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Указывается материально-техническое обеспечение дисциплины: технические средства, лабораторное оборудование и др.

№ п/п	Наименование (компьютерные классы, учебные лаборатории, оборудование)	Корпус, ауд., количество установок
1	лекционная аудитория с мультимедийным оборудованием	20 корп. 314 ауд. 1 проектор, 1 интерактивная доска
2	компьютерный класс для проведения практических работ (Программное обеспечение для анализа испытаний скважин <i>PanSystem</i>)	20 корп. 309 ауд., 10 компьютеров с программным обеспечением


Программа составлена на основе Стандарта ООП ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС по направлению 131000 «Нефтегазовое дело»,

Программа одобрена на заседании кафедры

ГРHM

(протокол № 8 от «20» 09 2013 г.).

Автор: профессор  П.Н. Зятиков

Рецензент: Заведующий кафедрой прикладной аэромеханики НИ ТГУ,
профессор, д.ф.-м.н.  А.В. Шваб