



Подземная гидродинамика

рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой	Экспериментальной физики
Учебный план	b030302-ЦифрТех-19-1.plx 03.03.02 ФИЗИКА Направленность (профиль): Цифровые технологии в геофизике
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	очная
Общая трудоемкость	3 ЗЕТ
Часов по учебному плану	108
в том числе:	
аудиторные занятия	32
самостоятельная работа	49
часов на контроль	27

Виды контроля в семестрах:
 экзамены 7

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	7 (4.1)		Итого	
	уп	рпд	уп	рпд
Неделя	17,3			
Вид занятий	уп	рпд	уп	рпд
Лекции	16	16	16	16
Практические	16	16	16	16
Итого ауд.	32	32	32	32
Контактная работа	32	32	32	32
Сам. работа	49	49	49	49
Часы на контроль	27	27	27	27
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

к.ф.-м.н, доцент Сысоев С.М.



Рабочая программа дисциплины

Подземная гидродинамика

разработана в соответствии с ФГОС:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 03.03.02 (уровень бакалавриата) (приказ Минобрнауки России от 07.08.2014г. №937)

составлена на основании учебного плана:

03.03.02 ФИЗИКА

Направленность (профиль): Цифровые технологии в геофизике

утвержденного учёным советом вуза от 20 июня 2019 г., протокол УС №6

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Экспериментальной физики

Протокол от 17 05 2019 г. № 03/70

Срок действия программы: уч.г.

Зав. кафедрой д.ф.-м.н, профессор Ельников А.В.



Председатель УМС к.т.н., доцент

Тараканов Д.В.

07 06 2019 г. № 06/19



1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	
1.1	Цели освоения дисциплины «Подземная гидродинамика»:
1.2	в области обучения - сформировать базовые знания, умения, навыки для понимания процессов, происходящих в пласте при разработке нефтяных и газовых месторождений, и для решения задач подземной гидродинамики.
1.3	в области воспитания –эффективно работать индивидуально и в команде, проявлять умения и навыки, необходимые для профессионального и личностного развития, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия;
1.4	в области развития –осваивать новые профессиональные знания и умения, стремиться к самоорганизации и самообразованию, непрерывному профессиональному самосовершенствованию в течение всей жизни.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП	
Цикл (раздел) ООП:	Б1.В.ДВ.09
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.1.1	Геофизика
2.1.2	Геофизические методы исследования скважин
2.1.3	Методы геофизических исследований
2.1.4	Методы ядерной геофизики
2.1.5	Механика геофизических сред
2.1.6	Линейные и нелинейные уравнения физики
2.1.7	Общая и нефтепромысловая геология
2.1.8	Физические основы разработки месторождений нефти
2.1.9	Дифференциальные уравнения
2.1.10	Численные методы и математическое моделирование
2.2	Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Интерпретация геофизических данных
2.2.2	Производственная практика, преддипломная
2.2.3	Сейсмические и акустические методы исследования
2.2.4	Телекоммуникационные системы в геофизике
2.2.5	Производственная практика, научно-исследовательская работа

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
ОК-6: способностью работать в коллективе, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия
ОК-7: способностью к самоорганизации и самообразованию
ОПК-3: способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач
ПК-1: способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	законы, закономерности и особенности фильтрации жидкостей и газов в пористых и трещиноватых средах; влияние гидродинамического несовершенства скважин и фильтрационных сопротивлений на точность определений параметров пласта
3.2	Уметь:
3.2.1	применять профессиональную терминологию в области разработки и эксплуатации нефтяных и газовых скважин;
3.2.2	самостоятельно решать задачи пространственной фильтрации;
3.2.3	работать в коллективе, решая задачи по интерпретации результатов гидродинамических исследований скважин;
3.2.4	применять и совершенствовать полученные навыки при решении задач разработки месторождений.
3.3	Владеть:
3.3.1	методами определения фильтрационных параметров пласта;
3.3.2	методами решения основных задач подземной гидромеханики;
3.3.3	навыками оценки гидродинамического состояния и фильтрационных характеристик прискважинных зон продуктивных пластов.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Инте ракт.	Примечание
	Раздел 1. Физические основы подземной гидромеханики						
1.1	Модели фильтрационного течения, флюидов и коллекторов. Характеристики коллекторов. /Лек/	7	2	ОПК-3 ПК-1	Л1.1 Л1.3Л2.2 Л2.5Л3.1 Л3.2	0	Устный опрос
1.2	Модели фильтрационного течения, флюидов и коллекторов. /Пр/	7	2	ОК-6 ОК-7 ОПК-3 ПК-1	Л1.1 Л1.3 Л1.4Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2	0	Устный опрос Проверка решения задач
1.3	Характеристики коллекторов. /Ср/	7	6	ОК-7 ОПК-3 ПК-1	Л1.1 Л1.3Л2.2 Л2.5Л3.1 Л3.2	0	Подготовка к лекции и практическому занятию. Отчет по сам.работе
	Раздел 2. Дифференциальные уравнения фильтрации						
2.1	Скорость фильтрации. Общая система уравнений подземной гидромеханики. Закон Дарси. Уравнения потенциального движения для пористой среды. Уравнения фильтрации для трещинно-пористой среды. Начальные и граничные условия. Замыкающие соотношения. /Лек/	7	2	ОК-7 ОПК-3 ПК-1	Л1.1 Л1.3Л2.2 Л2.5Л3.1 Л3.2	0	Устный опрос
2.2	Уравнения потенциального движения для пористой среды. Уравнения фильтрации для трещинно-пористой среды. Начальные и граничные условия. Замыкающие соотношения /Пр/	7	2	ОК-6 ОК-7 ОПК-3 ПК-1	Л1.1 Л1.3Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2	0	Устный опрос. Проверка решения задач. Тест
2.3	Уравнения фильтрации для трещинно- пористой среды. /Ср/	7	6	ОК-7 ОПК-3 ПК-1	Л1.1 Л1.3Л2.3 Л2.5Л3.1 Л3.2	0	Подготовка к лекции и практическому занятию. Отчет по сам.работе

	Раздел 3. Установившаяся потенциальная одномерная фильтрация						
3.1	Виды одномерных потоков. Исследование одномерных течений. Фильтрация в неоднородных средах. Приток к несовершенным скважинам. Влияние радиуса скважины на её производительность. /Лек/	7	2	ОК-7 ОКП-3 ПК-1	Л1.1 Л1.3Л2.5Л3.1 Л3.2	0	Устный опрос
3.2	Исследование одномерных течений. Фильтрация в неоднородных средах /Пр/	7	2	ОК-6 ОК-7 ОКП-3 ПК-1	Л1.1 Л1.3Л2.3 Л2.5Л3.1 Л3.2	0	Устный опрос Проверка решения задач. Тест
3.3	Приток к несовершенным скважинам. /Ср/	7	6	ОК-7 ОКП-3 ПК-1	Л1.1 Л1.3Л2.3 Л2.5Л3.1 Л3.2	0	Подготовка к лекции и практическому занятию. Отчет по сам.работе
3.4	/Контр.раб./	7	0			0	
	Раздел 4. Нестационарная фильтрация упругой жидкости и газа						
4.1	Упругая жидкость. Понятия об упругом режиме пласта. Основные параметры теории упругого режима. Уравнение пьезопроводности. Приток к скважине в пласте неограниченных размеров. Приток к скважине в пласте конечных размеров в условиях упруговодонапорного и замкнутоупругого режимов. Неустановившаяся фильтрация газа в пористой среде. Уравнение Лейбензона. /Лек/	7	2	ОК-7 ОКП-3 ПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.3 Л2.5Л3.1 Л3.2	0	Устный опрос
4.2	Уравнение пьезопроводности. Приток к скважине в пласте неограниченных размеров. Приток к скважине в пласте конечных размеров в условиях упруговодонапорного и замкнутоупругого режимов. /Пр/	7	2	ОК-6 ОК-7 ОКП-3 ПК-1	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.3 Л2.5Л3.1 Л3.2	0	Устный опрос. Проверка решения задач. Ситуационная задача.
4.3	Неустановившаяся фильтрация газа в пористой среде. /Ср/	7	6	ОК-7 ОКП-3 ПК-1	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.5Л3.1 Л3.2	0	Подготовка к лекции и практическому занятию. Отчет по сам.работе
	Раздел 5. Основы теории фильтрации многофазных систем						
5.1	Связь с проблемой нефтегазоотдачи пластов. Основные характеристики многофазной фильтрации. Исходные уравнения многофазной фильтрации. Потенциальное движение газированной жидкости. Фильтрация водонефтяной смеси и многофазной жидкости. Одномерные модели вытеснения несмешивающихся жидкостей. /Лек/	7	2	ОК-7 ОКП-3 ПК-1	Л1.1 Л1.3Л2.5Л3.1 Л3.2	0	Устный опрос

5.2	/Контр.раб./	7	0		Л1.3Л3.1 Л3.2	0	
5.3	Потенциальное движение газированной жидкости. Фильтрация водонефтяной смеси и многофазной жидкости. Одномерные модели вытеснения несмешивающихся жидкостей. /Пр/	7	2	ОК-6 ОК-7 ОПК-3 ПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.3 Л2.5Л3.1 Л3.2	0	Устный опрос. Проверка решения задач. Ситуационная задача.
5.4	Фильтрация водонефтяной смеси и многофазной жидкости. /Ср/	7	6	ОК-7 ОПК-3 ПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.5Л3.1 Л3.2	0	Подготовка к лекции и практическому занятию. Отчет по сам.работе
Раздел 6. Основы фильтрации неньютоновских жидкостей							
6.1	Реологические модели фильтрующихся жидкостей и нелинейные законы фильтрации. Одномерные задачи фильтрации вязкопластичной жидкости. Образование застойных зон при вытеснении нефти водой. /Лек/	7	2	ОК-7 ОПК-3 ПК-1	Л1.3 Л1.4Л2.4Л3.1 Л3.2	0	Устный опрос
6.2	Одномерные задачи фильтрации вязкопластичной жидкости. /Пр/	7	2	ОК-6 ОК-7 ОПК-3 ПК-1	Л1.3 Л1.4Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2	0	Устный опрос. Проверка решения задач. Ситуационная задача.
6.3	Образование застойных зон при вытеснении нефти водой /Ср/	7	6	ОК-7 ОПК-3 ПК-1	Л1.3 Л1.4Л2.2 Л2.4Л3.1 Л3.2	0	Подготовка к лекции и практическому занятию. Отчет по сам.работе.
Раздел 7. Установившаяся потенциальная плоская (двухмерная) фильтрация							
7.1	Фильтрационный поток от нагнетательной скважины к эксплуатационной. 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. Метод эквивалентных фильтрационных сопротивлений. Интерференция несовершенных скважин /Лек/	7	2	ОК-7 ОПК-3 ПК-1	Л1.3 Л1.4Л2.2 Л2.4Л3.1 Л3.2	0	Устный опрос
7.2	Приток к группе скважин с удаленным контуром питания. Приток к скважине в пласте с прямолинейным контуром питания. /Пр/	7	2	ОК-6 ОК-7 ОПК-3 ПК-1	Л1.3 Л1.4Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2	0	Устный опрос. Проверка решения задач. Ситуационная задача.
7.3	Приток к скважине, расположенной вблизи непроницаемой прямолинейной границы. /Ср/	7	6	ОК-7 ОПК-3 ПК-1	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.3Л3.1 Л3.2	0	Подготовка к лекции и практическому занятию. Отчет по сам.работе.

	Раздел 8. Решение плоских задач фильтрации методами теории функций комплексного переменного						
8.1	Общие положения теории функций комплексного переменного. Характеристическая функция, потенциал и функция тока. Характеристические функции некоторых основных типов плоского потока. Характеристическая функция течения при совместном действии источника и стока. Характеристическая функция течения для кольцевой батареи скважин. /Лек/	7	2	ОК-7 ОК-3 ПК-1	Л1.1 Л1.3Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2	0	Устный опрос
8.2	Характеристические функции некоторых основных типов плоского потока. Характеристическая функция течения при совместном действии источника и стока. /Пр/	7	2	ОК-6 ОК-7 ОК-3 ПК-1	Л1.1 Л1.3Л2.3 Л2.5Л3.1 Л3.2	0	Устный опрос. Проверка решения задач. Тест.
8.3	Характеристическая функция течения при совместном действии источника и стока. /Ср/	7	7	ОК-6 ОК-7 ОК-3 ПК-1	Л1.1 Л1.3Л2.2 Л2.5Л3.1 Л3.2	0	Подготовка к лекции и практическому занятию. Отчет по сам.работе.
	Раздел 9. Подземная гидродинамика						
9.1	/Экзамен/	7	27	ОК-6 ОК-7 ОК-3 ПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2	0	

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

5.1. Контрольные вопросы и задания

Представлены в Приложении 1

5.2. Темы письменных работ

Представлены в Приложении 1

5.3. Фонд оценочных средств

Представлены в Приложении 1

5.4. Перечень видов оценочных средств

Письменный опрос. Тест. Коллоквиум. Устный опрос. Проверка решения типовых и ситуационных задач. Отчет по сам.работе.
Устный опрос на экзамене.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л1.1	Афанаскин И. В., Вольпин С. Г., Юдин В. А.	Подземная гидромеханика: курс лекций	Москва: Федеральный научный центр Научно- исследовательский институт системных исследований Российской академии наук, 2017	27

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л1.2	Карнаухов М. Л., Пьянкова Е. М.	Современные методы гидродинамических исследований скважин: Справочник инженера по исследованию скважин	Москва: Инфра-Инженерия, 2013, http://www.iprbookshop.ru/13549	1
Л1.3	Басниев К. С., Дмитриев Н. М., Каневская Р. Д., Максимов В. М.	Подземная гидромеханика: учебное пособие	Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2006, http://www.iprbookshop.ru/16594	1
Л1.4	Савинкова Л. Д.	Основы подземной нефтегазогидромеханики: Учебное пособие	Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2017, http://www.iprbookshop.ru/71303.html	1

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л2.1	Шадрина А. В., Крец В. Г.	Основы нефтегазового дела: учебное пособие	Москва: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016, http://www.iprbookshop.ru/39555	1
Л2.2	Дмитриев Н. М.	Лекции по подземной гидромеханике. Выпуск 1.	Москва: Издательство "Нефть и газ" РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина, 2002, http://znanium.com/go.php?id=345099	1
Л2.3	Дмитриев Н. М.	Подземная гидромеханика. Пособие для семинарских занятий.	Москва: Интерконтакт Наука, 2008, http://znanium.com/go.php?id=345214	1
Л2.4	Зеливянская О.Е.	Петрофизика: учебное пособие	Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2015, http://www.iprbookshop.ru/63124.html	1
Л2.5	Коновалова Л. Н., Зиновьева Л. М., Гукасян Т. К.	Физика пласта: Учебное пособие	Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2016, http://www.iprbookshop.ru/66044.html	1

6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
ЛЗ.1	Сысоев С. М.	Подземная гидродинамика: методические рекомендации по освоению дисциплины и задания для подготовки к экзамену	Сургут: Издательский центр СурГУ, 2019, https://elib.surgu.ru/local/umr/425	1
ЛЗ.2	Хохлова Н. Ю., Жаткин С. С.	Гидромеханика нефти и газа в примерах и задачах: Учебно-методическое пособие	Самара: Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2018, http://www.iprbookshop.ru/90479.html	1

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	Лекциопедия - библиотека лекционного материала
Э2	Электронная библиотека «Нефть и газ»
Э3	Общество инженеров-нефтяников (SPE)
Э4	портал научно-технической информации электронной библиотеки «Нефть и газ»;
Э5	журнал «Нефтегазовое дело»

6.3.1 Перечень программного обеспечения

6.3.1.1	Пакет прикладных программ Microsoft Office
6.3.1.2	Операционная система Windows

6.3.2 Перечень информационных справочных систем

6.3.2.1	http://www.garant.ru/ Информационно-правовой портал Гарант.ру
6.3.2.2	http://www.consultant.ru/ Справочно-правовая система Консультант Плюс

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1	Лекционные занятия проходят в аудиториях, оборудованных проекционными средствами (медиапроектором, ноутбуком и экраном (стационарным или переносным рулонным на треноге) для использования демонстрационных материалов и презентаций.
-----	---

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

--

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА
Приложение к рабочей программе по дисциплине

Подземная гидродинамика

Квалификация выпускника	Бакалавр
Направление подготовки	03.03.02 Физика
Направленность (профиль)	Цифровые технологии в геофизике
Форма обучения	Очная
Кафедра-разработчик	экспериментальной физики
Выпускающая кафедра	экспериментальной физики

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

Этап: проведение текущего контроля успеваемости по дисциплине (7 семестр)

Тема 1. Физические основы подземной гидромеханики.

Вопросы для проведения опроса по теоретическому материалу

1. Модели фильтрационного течения.
2. Модели флюидов.
3. Модели коллекторов.
4. Характеристики коллекторов.
5. Виды пористости и их определения.
6. Виды проницаемости и их определения.
7. Физический смысл проницаемости.
8. Что такое насыщенность и связанность? Чему равна сумма насыщенностей?
9. Удельная поверхность – определение, размерность, характерные значения для коллекторов.

Тема 2. Дифференциальные уравнения фильтрации.

Вопросы для проведения опроса по теоретическому материалу

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. Вид закона Дарси.
6. Коэффициент фильтрации, его отличие от коэффициента проницаемости. Связь данных коэффициентов и их размерности.
7. Нижняя граница применимости закона Дарси для пористой среды. Закон фильтрации для нижней области.
8. Верхняя граница применимости закона Дарси для пористой среды. Законы фильтрации для верхней области.
9. Критерии применимости закона Дарси для пористой среды.
10. Верхняя граница применимости закона Дарси для трещинной среды. Критерии применимости закона Дарси для трещинной среды.
11. Связь трещинной проницаемости с раскрытостью трещин и давлением.
12. Что такое потенциальное течение?
13. Потенциал поля скоростей и выражение для закона Дарси через потенциал.
14. Основное уравнение потенциального фильтрационного течения.
15. Характерные особенности трещинно-пористой среды.
16. Система дифференциальных уравнений для трещинно-пористой среды.
17. Внешние граничные условия.
18. Внутренние граничные условия.
19. Замыкающие соотношения.

Тема 3. Установившаяся потенциальная одномерная фильтрация.

Вопросы для проведения опроса по теоретическому материалу

1. Что такое потенциальное течение?
2. Потенциал поля скоростей и выражение для закона Дарси через потенциал.
3. Основное уравнение потенциального фильтрационного течения.
4. Характерные особенности трещинно-пористой среды.
5. Система дифференциальных уравнений для трещинно-пористой среды.
6. Внешние граничные условия.
7. Внутренние граничные условия.
8. Замыкающие соотношения.
9. Связь пластового давления с эффективным. Что такое эффективное давление?
10. Какие потоки называются одномерными?
11. Прямолинейно-параллельный поток. Примеры.
12. Плоскорадиальный поток. Примеры.
13. Радиально-сферический поток. Примеры.
14. Что входит в исследование фильтрационного течения.
15. Общее дифференциальное уравнение потенциального одномерного потока.
16. Показатель формы потока.
17. Получение выражения для потенциала и дебита плоскорадиального течения.
18. Получение выражения для потенциала и дебита прямолинейно-параллельного и радиально-сферического течений.

Тема 4. Нестационарная фильтрация упругой жидкости и газа.

Вопросы для проведения опроса по теоретическому материалу

1. Потенциал несжимаемой жидкости в недеформируемом (пористом) пласте.
2. Потенциал несжимаемой жидкости в деформируемом (трещинном) пласте.
3. Потенциал упругой жидкости в недеформируемом пласте.
4. Потенциал сжимаемой жидкости (газа) в недеформируемом (пористом) пласте.
5. Уравнение Дюпюи.
6. Коэффициент продуктивности. Размерность.
7. Депрессия и воронка депрессии.
8. Методика получения закона движения частиц жидкости.
9. Методика вывода средневзвешенного давления.
10. Индикаторная зависимость и индикаторная диаграмма.
11. Нарисовать и объяснить графики давления, скорости фильтрации для несжимаемой жидкости в пористом и трещинном пластах.
12. Нарисовать и объяснить графики давления, скорости фильтрации для несжимаемой жидкости и газа в пористом пласте.
13. Нарисовать и объяснить индикаторные диаграммы для несжимаемой жидкости в пористом и трещинном пластах. В каких координатах надо строить диаграммы, чтобы получить прямолинейные зависимости.
14. Нарисовать и объяснить индикаторные диаграммы для несжимаемой жидкости и газа в пористом пласте. В каких координатах надо строить диаграммы, чтобы получить прямолинейные зависимости.
15. Соотношение дебитов реального и совершенного газов при одинаковых условиях.

Тема 5. Основы теории фильтрации многофазных систем.

Вопросы для проведения опроса по теоретическому материалу

1. Связь с проблемой нефтегазоотдачи пластов.
2. Основные характеристики многофазной фильтрации.
3. Исходные уравнения многофазной фильтрации.
4. Потенциальное движение газированной жидкости.
5. Фильтрация водонефтяной смеси и многофазной жидкости.
6. Одномерные модели вытеснения несмешивающихся жидкостей.

Тема 6. Основы фильтрации неньютоновских жидкостей.

Вопросы для проведения опроса по теоретическому материалу

1. Реологические модели фильтрующихся жидкостей.
2. Реологические модели фильтрующихся жидкостей и нелинейные законы фильтрации.
3. Одномерные задачи фильтрации вязкопластичной жидкости.
4. Образование застойных зон при вытеснении нефти водой.
5. Фильтрация водонефтяной смеси и многофазной жидкости.

Тема 7. Установившаяся потенциальная плоская (двухмерная) фильтрация.

Вопросы для проведения опроса по теоретическому материалу

1. Фильтрационный поток от нагнетательной скважины к эксплуатационной.
2. Приток к группе скважин с удаленным контуром питания.
3. Приток к скважине в пласте с прямолинейным контуром питания.
4. Приток к скважине, расположенной вблизи непроницаемой прямолинейной границы.
5. Метод эквивалентных фильтрационных сопротивлений.
6. Интерференция несовершенных скважин.

Тема 8. Решение плоских задач фильтрации методами теории функций комплексного переменного.

Вопросы для проведения опроса по теоретическому материалу

1. Общие положения теории функций комплексного переменного.
2. Характеристическая функция, потенциал и функция тока.
3. Характеристические функции некоторых основных типов плоского потока.
4. Характеристическая функция течения при совместном действии источника и стока.
5. Характеристическая функция течения для кольцевой батареи скважин.

Контрольная работа

1. Фильтрационно-емкостные параметры коллекторов

Задание 1

Для величины пористости $m=30\%$ (для 1 варианта) и диаметра частиц $d=0,20$ мм определить удельную поверхность $S_{уд}$ фиктивного грунта, радиус пор идеального грунта R , проницаемость k идеального грунта, удельную поверхность и проницаемость реального грунта.

Задание 2

Куб с ребром 1м наполнили шарами диаметром 10 см каждый, а куб с ребром 1 см точно также уложили шарами диаметром 1 мм каждый. Пористость, какой засыпки больше? Ответ обоснуйте.

2. Закон Дарси

Задание 1

Определить коэффициент фильтрации, проницаемость и скорость фильтрации, если известно, что площадь поперечного сечения горизонтально расположенного образца песчаника $F=40\text{см}^2$, длина образца $L=20$ см, разность давлений на входе жидкости в образец и на выходе $\Delta h=0,1$ ат, удельный вес жидкости $\gamma = 1000$ кг/м³, динамический коэффициент вязкости $\mu=5$ спз и расход Q равен 10 см³/мин.

Примечание: необходимо учесть, что при стандартных условиях удельный вес жидкости $\gamma_{рт} = 1360$ кг/м³.

Задание 2

Определить скорость фильтрации и среднюю скорость движения газа у стенки гидродинамически совершенной скважины, если известно, что приведенный к атмосферному давлению объемный расход газа $Q_{ат}=0,8$ млрд м³/сут, радиус скважины $r_c = 0,12$ м, мощность пласта $h=30$ м, его пористость $m=20\%$, абсолютное давление газа на забое $p_c = 50$ ат.

Задание 3

Через два однородных образца пористой среды, содержащих глинистые частицы, с целью определения коэффициента проницаемости и коэффициента фильтрации пропускали:

а) пресную воду при $t=25^\circ\text{C}$ при перепаде давления $\Delta h = 200$ мм рт. ст. с расходом $Q=4$ см³/мин,

в) соленую воду с удельным весом $\gamma=1103$ кг/м³ и вязкостью $\mu=2$ спз при той же разности давления, что и в первом случае и с расходом $Q=0,2$ см³/с. Размеры образцов: длина $L=10$ см, площадь поперечного сечения $F=10$ см².

Найти отношение коэффициентов проницаемости и фильтрации для случаев **а** и **в**. В каком из случаев полученные коэффициенты имеют меньшие значения и почему? Ответ обоснуйте. Учтите, что при температуре $t=25^\circ\text{C}$ для пресной воды $\gamma=1100$ кг/м³, $\mu=1$ спз, удельный вес жидкости при стандартных условиях

$\gamma_{рт} = 1360$ кг/м³.

Задание 4

Определить скорость фильтрации и среднюю скорость движения при плоско-радиальной фильтрации газа к скважине в точке на расстоянии $r = 20$ м от центра скважины, если давление в этой точке равно $p = 90$ ат, мощность пласта $h = 15$ м, пористость его $m = 30\%$, а приведенный к атмосферному давлению дебит $Q_{ат}=1,5$ млрд м³/сут.

3. Границы применимости закона Дарси

Задание 1

Определить значение числа Рейнольдса по выражениям Павловского, Щелкачева и

Миллионщикова у стенки гидродинамически несовершенной по характеру вскрытия нефтяной скважины, если известно, что эксплуатационная колонна перфорирована, на каждом погонном метре колонны прострелено 10 отверстий диаметром $d_0 = 20$ мм, мощность пласта $h=10$ м, проницаемость пласта $k=2$ д, пористость $m = 20\%$, коэффициент вязкости нефти $\eta = 5$ спз, плотность нефти $\rho = 870$ кг/м³ и дебит скважины составляет 150 м³/сут. Сравнить полученные значения числа Рейнольдса с критическими значениями и сделать соответствующие выводы.

Задание 2

Определить радиус призабойной зоны $r_{кр}$, в которой нарушен закон Дарси, при установившейся плоско-радиальной фильтрации идеального газа, если известно, что приведенный к атмосферному давлению дебит скважины $Q_{ат} = 2$ млрд м³/сут, мощность пласта $h = 20$ м, проницаемость $k = 1,2$ д, пористость пласта $m=25\%$, динамический коэффициент вязкости газа в пластовых условиях $\eta = 0,02$ спз, плотность газа при атмосферном давлении и пластовой температуре $\rho_{ам} = 0,7$ кг/м³

Примечание. В решении использовать число Рейнольдса по формуле М. Д.

Миллионщикова $Re_{кр} = \frac{u_{кр} \rho \sqrt{k}}{m^{1,5} \mu}$ и за $Re_{кр}$ взять нижнее значение $Re_{кр} = 0,022$.

Задание 3

Дебит газовой скважины, приведенный к атмосферному давлению при пластовой температуре $Q_{ат} = 2 \cdot 10^6$ м³/сут, абсолютное давление на забое $p_c = 100$ ат, мощность пласта $h = 20$ м, коэффициент пористости пласта $m = 25\%$, коэффициент проницаемости $k = 1,6$ д, средний молекулярный вес газа $M = 18$, динамический коэффициент вязкости в пластовых условиях $\eta = 2,5$ спз, температура пласта 45°C.

Определить, имеет ли место фильтрация по закону Дарси в призабойной зоне совершенной скважины радиусом $r_c = 10$ см. Молекулярный объем газа составляет 22,4 моль/л.

4. Установившаяся потенциальная одномерная фильтрация

Задание 1

Определить давление на расстоянии 20 и 200 м от скважины при плоскорадиальном установившемся движении несжимаемой жидкости по линейному закону фильтрации. Будем считать, что проницаемость пласта $k=1,5$ д, мощность пласта $h=20$ м, давление на забое скважины $p_c=80$ ат, радиус скважины $r_c=12,4$ см, коэффициент вязкости нефти $\mu=6$ спз, плотность нефти $\rho=0,870$ т/м³ и весовой дебит скважины $G=180$ т/сут.

Задание 2

Определить время t , за которое частица жидкости подойдет к стенке скважины с расстояния $r_0=300$ м, проницаемость пласта $k=1,5$ д, вязкость нефти $\mu=5$ спз, депрессия во всем пласте радиусом $R=1$ км составляет $\Delta p=20$ ат, мощность пласта $h = 20$ м, пористость пласта $m = 25\%$, радиус скважины $r_c = 10$ см.

Задание 3

Как изменится дебит скважины Q при увеличении радиуса скважины втрое?

1) Движение происходит по линейному закону фильтрации.

2) Фильтрация происходит по закону Краснопольского.

Начальный радиус скважины $r_c=0,1$ м. Расстояние до контура питания $R_k=5$ км.

Задание 4

Найти изменение перепада давления Δp при увеличении радиуса скважины вчетверо,

при котором дебит остается прежним. Рассмотреть два случая, как в предыдущем задании. Начальный радиус скважины $r_c=0.1$ м, расстояние до контура питания $R_k = 1$ км.

Задание 5

Во сколько раз необходимо увеличить радиус скважины, чтобы дебит ее при прочих равных условиях утроился?

- 1) Движение жидкости происходит по закону Дарси.
- 2) Жидкость фильтруется по закону Краснопольского.

Начальный радиус скважины $r_c=0,1$ м. Расстояние до контура питания $R_k= 1$ км.

5. Движение жидкости в пласте с неоднородной проницаемостью

Задание 1

Определить дебит дренажной галереи при установившейся фильтрации жидкости по закону Дарси в неоднородном по проницаемости пласте, если известно, что проницаемость пласта на длине $l_1 = 2$ км постоянна и равна $k_1=800$ мд, а на длине $l_2=500$ м в призабойной части пласта уменьшается линейно от значения k_1 до значения $k_2=80$ мд. Давление на контуре питания $p_k=100$ ат, давление на забое галереи $p_r=75$ ат, динамический коэффициент вязкости $\mu=5$ спз, мощность пласта $h=15$ м, ширина фильтрационного потока $B=600$ м.

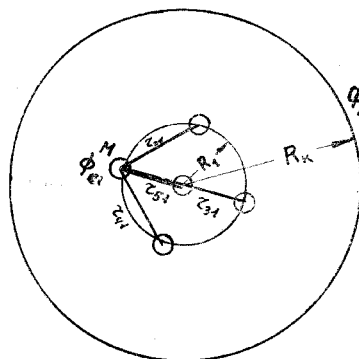
Задание 2

По данным предыдущей задачи найти распределение давления в пласте.

6. Установившаяся плоская фильтрация жидкости. Интерференция скважин

Задание 1

Определить дебит батареи из четырех скважин расположенных вдали от контура питания, и одной скважины, находящейся в центре (см. рисунок), если известно, что все скважины находятся в одинаковых условиях: радиус батареи $R_1=200$ м, расстояние до контура питания $R_k=10$ км; радиус скважины $r_c=0,1$ м; мощность пласта $h=10$ м, потенциал на контуре питания $\varphi_k=40$ см²/сек; потенциал на скважине $\varphi_c=30$ см²/сек.



Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций

Этап: проведение текущего контроля успеваемости по дисциплине (7 семестр)

Текущий контроль предназначен для проверки качества формирования компетенций, уровня овладения теоретическими и практическими знаниями, умениями и навыками. Оценивание знаний теоретического материала по каждому разделу проводится при устном опросе. Умение решать практические задачи проверяется контролем выполненной контрольной работы.

Критерии оценивания ответов на теоретические вопросы при устном опросе

Проверяемые компетенции	Оценка	Критерии оценивания
ОК-7 ПК-1	Отлично	Ответы на поставленные вопросы излагаются логично, последовательно и не требуют дополнительных пояснений. Делаются обоснованные выводы. Демонстрируются глубокие знания по предмету.
	Хорошо	Ответы на поставленные вопросы излагаются систематизировано и последовательно. Материал излагается уверенно. Демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер.
	Удовлетворительно	Допускаются нарушения в последовательности изложения. Демонстрируются поверхностные знания вопроса. Имеются затруднения с выводами.
	Неудовлетворительно	Материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определенной системы знаний. При ответах на вопросы студент не показывает, что он усвоил материал, не способен исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагать, не умеет тесно увязывать теорию с практикой.

Критерии оценивания контрольной работы

Проверяемые компетенции	Оценка	Критерии оценивания
ОК-7 ОПК-3 ПК-1	Отлично	Все задачи решаются полностью: приводится верное аналитическое решение, делается правильный расчет.
	Хорошо	Приведены решения задач контрольной работы, но есть небольшие недочеты при использовании законов, формул, в целом не влияющих на ход решения, допущены ошибки при вычислении численных результатов. Общая доля невыполненных заданий не превышает 5–7 % от общего объема контрольной работы.
	Удовлетворительно	Приведены решения не всех заданий контрольной работы, есть существенные недостатки при выводе аналитических выражений, не проведены численные расчеты. Общая доля невыполненных заданий составляет не более 50 % от общего объема контрольной работы.

	Неудовлетворительно	Решение заданий приведены неверно или вовсе отсутствуют. Общая доля невыполненных заданий составляет более 50 % от общего объема контрольной работы.
--	---------------------	--

**Этап: проведение промежуточной аттестации по дисциплине
Типовые вопросы к экзамену по дисциплине «Подземная гидродинамика»**

1. Модели фильтрационного течения, флюидов и коллекторов
2. Основные характеристики пористой среды (пористость, просветность, проницаемость). Истинная средняя скорость и скорость фильтрации, связь между ними. Параметры трещинной среды.
3. Закон Дарси. Нижняя и верхняя границы применимости закона Дарси для пористой среды. Критерии применимости закона Дарси для пористой среды.
4. Потенциал поля скоростей и выражение для закона Дарси через потенциал. Основное уравнение потенциального фильтрационного течения.
5. Закон Дарси для трещинной среды. Критерии применимости закона Дарси для трещинной среды.
6. Характерные особенности трещинно-пористой среды. Система дифференциальных уравнений для трещинно-пористой среды.
7. Внешние и внутренние граничные условия для дифференциального уравнения относительно потенциала. Замыкающие соотношения.
8. Прямолинейно-параллельный поток. Плоскорадиальный поток. Радиально-сферический поток. Примеры.
9. Общее дифференциальное уравнение потенциального одномерного потока. Выражения для потенциала и дебита плоскорадиального, 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. Индикаторная зависимость и индикаторная диаграмма.
18. Нарисовать и объяснить графики давления, скорости фильтрации для несжимаемой жидкости в пористом и трещинном пластах.
19. Нарисовать и объяснить графики давления, скорости фильтрации для несжимаемой жидкости и газа в пористом пласте.
20. Нарисовать и объяснить индикаторные диаграммы для несжимаемой жидкости в пористом и трещинном пластах. В каких координатах надо строить диаграммы, чтобы получить прямолинейные зависимости.
21. Нарисовать и объяснить индикаторные диаграммы для несжимаемой жидкости и газа в пористом пласте. В каких координатах надо строить диаграммы, чтобы получить прямолинейные зависимости.
22. Соотношение дебитов реального и совершенного газов при одинаковых условиях.
23. Принципиальное отличие зависимости для дебита упругой жидкости от несжимаемой.
24. Виды несовершенств скважины. Совершенная скважина.
25. Приведенный радиус. Относительное вскрытие.
26. Радиус зоны влияния несовершенств по степени и характеру вскрытия.
27. Влияние радиуса скважины на её производительность при линейной фильтрации и различных типов одномерного течения.

28. Основные параметры теории упругого режима.
29. Коэффициент упругоёмкости пласта.
30. Коэффициентом пьезопроводности для упругой жидкости.
31. Коэффициентом пьезопроводности для газовых пластов.
32. Параметр Фурье.
33. Уравнение пьезопроводности упругой жидкости.
34. Приток к скважине в пласте неограниченных размеров (упругий режим).
35. Приток к скважине в пласте конечных размеров в условиях упруговодонапорного и замкнутоупругого режимов.
36. Периодически работающая скважина.
37. Определение коллекторских свойств пласта по данным исследования скважин нестационарными методами.
38. Неустановившаяся фильтрация газа в пористой среде. Уравнение Лейбензона.

Для проведения **промежуточной аттестации** рабочим учебным планом предусмотрен экзамен (7 семестр), к нему допускаются обучающиеся, успешно сдавшие все формы текущего контроля, предусмотренные рабочей программой дисциплины. Экзамен оценивается по четырехбалльной шкале: **«отлично»**, **«хорошо»**, **«удовлетворительно»**, **«неудовлетворительно»**. Аттестационное испытание состоит из двух вопросов и задачи. Результирующая оценка формируется как средний арифметический балл из набранных баллов за выполнение теоретического и практического задания.

Критерии оценки ответа на поставленные вопросы.

Проверяемые компетенции	Оценка	Критерий оценивания
ОК-6 ОК-7 ОПК-3 ПК-1	Отлично	– содержание ответа полностью раскрывает тему задания; - материал изложен логически последовательно; - убедительно доказана практическая значимость; - в совершенстве владеет изученным материалом; - задача решена полностью: приводится верное аналитическое решение, делается правильный расчет.
	Хорошо	– содержание ответа в целом раскрывает тему задания; - материал изложен последовательно; - доказана практическая значимость; - владеет изученным материалом; - задача решена, но есть небольшие недочеты при использовании законов, формул, в целом не влияющие на ход решения, допущены ошибки при вычислении численных результатов.
	Удовлетворительно	– содержание ответа раскрывает тему задания; - материал изложен непоследовательно; - не доказана практическая значимость; - не в совершенстве владеет изученным материалом; - в решении задачи есть существенные недостатки при выводе аналитических выражений, не проведены численные расчеты.
	Неудовлетворительно	– тема задания не раскрыта; - материал изложен логически не корректно; - практическая значимость не доказана; - не владеет изученным материалом; - задача не решена.