

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Минцаев Магомед Шавалович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 26.09.2021  
Уникальный программный ключ:  
236bcc35c296f119d6aafdc22836b21db52dbc07971a86865a5825f9fa4304cc

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ГРОЗНИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**имени академика М.Д. Миллионщикова**



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

**«Подземная гидравлика»**

Специальность

*21.05.06 Нефтегазовые техника и технологии*

Специализация

**«Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений»**

**Квалификация**

горный инженер

Год начала подготовки - 2021

Грозный – 2021

### 1. Цели и задачи дисциплины

Целью преподавания дисциплины «Подземная гидравлика» состоит в ознакомлении студентов с гидродинамическими теориями одно- и многофазной фильтрации жидкостей и газов в однородных и неоднородных пористых и трещиноватых средах.

Задачами изучения дисциплины являются: предложение студентам такого объема знаний, который позволит изучать последующие дисциплины; приобретение практических навыков в выполнении расчетов в прикладных задачах.

### 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Подземная гидравлика» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1.

Для изучения курса требуется знание: математики; физики; физики пласта; гидравлики и нефтегазовой гидравлики.

В свою очередь, данный курс, помимо самостоятельного значения, является предшествующей дисциплиной для курсов: прогнозирование и методы повышения коэффициента извлечения нефти; контроль и регулирование процессов извлечения нефти; прикладные программные продукты и компьютерные технологии в нефтегазовом комплексе; разработка нефтяных и газовых месторождений; движение жидкостей и газов в природных пластах; геолого-промысловые исследования нефтяных и газовых скважин.

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Таблица 1

Код по ФГОС	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВ)
<b>Общепрофессиональные</b>		
<b>ОПК-1.</b> Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи профессиональной деятельности с учетом основных требований и потребностей нефтегазовой отрасли	<b>ОПК-1.1.</b> использует основные законы дисциплин инженерно-механического модуля	<b>Знать:</b> – режимы работы нефтяных и газовых пластов, способы эксплуатации скважин, основы выбора рационального способа эксплуатации скважин, эксплуатация скважин и обслуживание скважин. <b>Уметь:</b> –соблюдать требования нормативной документации по эксплуатации и обслуживанию технологического оборудования, конструкций, объектов. <b>Владеть:</b> навыками эффективной эксплуатации технологического оборудования, конструкций, объектов.
<b>ОПК-4.</b> Способен использовать рациональные методы моделирования процессов природных и технических систем, сплошных и разделённых сред, геологической среды, массива горных пород	<b>ОПК-4.1.</b> определяет потребность в промышленном материале, необходимом для составления рабочих проектов	<b>Знать:</b> принципиальные особенности моделирования математических, физических и химических процессов, предназначенные для конкретных технологических процессов;

		<b>Уметь:</b> находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи
		<b>Владеть:</b> навыками проведения критического анализа проблемных ситуаций в ходе решения задач профессиональной деятельности.

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Таблица 1

Вид учебной работы	Всего часов/ зач.ед.		Семестр	
	ОФО	ЗФО	5	6
			ОФО	ЗФО
<b>Контактная работа</b>	<b>51/1,5</b>	<b>16/0,44</b>	<b>51/1,5</b>	<b>16/0,44</b>
В том числе:				
Лекции	17/0,5	6/0,17	17/0,5	6/0,17
Практические занятия (ПЗ)	34/0,5	10/0,28	34/0,5	10/0,28
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>93/2,58</b>	<b>128/3,56</b>	<b>93/2,58</b>	<b>128/3,56</b>
В том числе:				
Реферат	10/0,28		10/0,28	
<i>И (или) другие виды самостоятельной работы</i>				
Темы для самостоятельного изучения	63/1,75	88/2,44	63/1,75	88/2,44
Подготовка к практическим занятиям	10/0,28	20/0,56	10/0,28	20/0,56
Подготовка к экзамену		20/0,56		20/0,56
<b>Вид отчетности</b>		<b>экзамен</b>	<b>экзамен</b>	<b>экзамен</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>ВСЕГО в часах</b>	<b>144</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
	<b>ВСЕГО в зач. ед.</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>

#### 5 Содержание разделов дисциплины

##### 5.1 Разделы дисциплины и виды занятий

Таблица 2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц. зан. часы		Прак. зан. часы		Всего часов	
		ОФО	ЗФО	ОФО	ЗФО	ОФО	ЗФО
1	Фазовые состояния углеводородных систем	1	3	-	5	1	8
2	Элементы теории фильтрации	2		6		7	
3	Особенности фильтрации в трещиноватых и трещиновато-пористых пластах	2		-		4	
4	Простейшие задачи одномерного потока в пористой среде	2		6		8	
5	Одномерный поток в трещиноватых и трещиновато-пористых пластах	2		6		12	
6	Фильтрационный поток жидкости со свободной поверхностью	2	3	8	5	6	8
7	Плоский установившийся нерадиальный поток жидкости или газа в пористой среде	4		8		14	

8	Общие дифференциальные уравнения подземной гидромеханики	2		-		2	
---	--	---	--	---	--	---	--

## 5.2 Лекционные занятия

Таблица 3

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	<b>Введение</b>	Подземная гидромеханика – теоретическая основа разработки нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождений. Важнейшие этапы её развития.
2	<b>Фазовые состояния углеводородных систем</b>	Схемы фазовых превращений углеводородов. Схемы фазовых превращений однокомпонентных систем. Схема фазовых превращений двух- и многокомпонентных систем. Поведение бинарных и многокомпонентных систем в критической области. Влияние воды на фазовые превращения углеводородов. Фазовое состояние системы нефть - газ при различных давлениях и температурах.
3	<b>Элементы теории фильтрации</b>	Явление фильтрации. Простейшие модели пористой среды. Пористость и просветность. Фиктивный грунт и переход от него к естественному грунту. Эффективный диаметр и способы его определения. Скорость фильтрации. Закон Дарси. Проницаемость пористой среды. Число Слехтера. Границы применимости закона Дарси к явлениям фильтрации. Число Рейнольдса. Формулы общего закона фильтрации.
4	<b>Особенности фильтрации в трещиноватых и трещиновато-пористых пластах</b>	Классификация трещиноватых пластов. Параметры трещиноватости. Проницаемость пласта. Границы применимости закона Дарси в трещиноватых и трещиновато-пористых пластах
5	<b>Простейшие задачи одномерного потока в пористой среде</b>	Одномерный фильтрационный поток. Потенциальное движение. Уравнение состояния жидкости, газа в пористой среде. Коэффициенты объемной упругости жидкости и пласта. Общие дифференциальные уравнения простейших одномерных потоков при нелинейном законе фильтрации. Потенциальное движение одномерной несжимаемой жидкости. Пьезометрическая линия. Изобары. Индикаторная линия.
6	<b>Одномерный поток в трещиноватых и трещиновато-пористых пластах</b>	Поток одномерной несжимаемой жидкости в деформируемом трещиноватом пласте. Поток идеального газа в деформируемом трещиноватом пласте. Особенности фильтрационного потока в деформируемом трещиноватом пласте в условиях нелинейного закона фильтрации.
7	<b>Фильтрационный поток жидкости со свободной поверхностью</b>	Дифференциальное уравнение установившегося движения несжимаемой жидкости со свободной поверхностью в пласте, имеющем непроницаемую подошву. Дебит и индикаторная диаграмма для потока жидкости со свободной поверхностью.
8	<b>Плоский установившийся нерадиальный поток жидкости или газа в пористой среде</b>	Понятие о методе исследования плоского потока. Фильтрационный поток жидкости от нагнетательной скважины к эксплуатационной. Плоский поток, если в полубесконечном и круглом пластах расположена одна скважина. Влияние на производительность скважины

		формы внешнего контура пласта. Взаимодействие скважин кольцевой батареи. Количественная оценка эффекта взаимодействия скважин. Интерференция скважин. Прямолинейная батарея скважин. Совместное действие нескольких эксплуатационных и нагнетательных батарей. Влияние радиуса скважины на ее производительность.
9	<b>Общие дифференциальные уравнения подземной гидромеханики</b>	Уравнение неразрывности (сплошности) фильтрационного потока в прямолинейной декартовой системе координат. Обобщенная форма закона Дарси. Уравнение потенциального движения. Уравнение неразрывности фильтрационного потока в трещиновато-пористом и трещиноватом пластах.

### 5.3 Лабораторный практикум (не предусматривается)

### 5.4 Практические занятия

Таблица 5

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	Фазовые состояния углеводородных систем	Расчет фазовых равновесий углеводородных смесей. Определение давления схождения констант фазового равновесия углеводородных смесей
2	Элементы теории фильтрации	Закон Дарси
3	Простейшие задачи одномерного потока в пористой среде	Потенциальное движение однородной несжимаемой жидкости
4	Одномерный поток в трещиноватых и трещиновато-пористых пластах	Поток жидкости в пласте с неоднородной проницаемостью
5	Фильтрационный поток жидкости со свободной поверхностью	Фильтрационный поток жидкости со свободной поверхностью. Фильтрационный поток от нагнетательной скважины к эксплуатационной
6	Плоский установившийся нерадиальный поток жидкости или газа в пористой среде	Количественная оценка эффекта взаимодействия скважин

### 6 Самостоятельная работа студентов по дисциплине

Самостоятельная работа по дисциплине составляет: 93 часа у ОФО, и 128 часов у ЗФО.

Самостоятельная работа включает также подготовку к практическим занятиям и подготовку к защите практических работ. После выполнения практических работ проводится итоговое собеседование с обсуждением целей, задач и содержания выполненных работ. На подготовку к практическим работам, и их защитами 10 часов. На подготовку к рефератам, и их защитами 10 часов.

### Темы для самостоятельного изучения

1. Дифференциальные уравнения изотермической фильтрации флюидов в нефтегазоносных пластах
2. Одномерные установившиеся потоки жидкости и газа в пористой среде
3. Плоские установившиеся фильтрационные потоки
4. Неустановившееся движение упругой жидкости в упругой (деформируемой) пористой среде
5. Неустановившееся движение газа в пористой среде
6. Движение границы раздела при взаимном вытеснении жидкостей и газов
7. Теория двухфазной фильтрации несмешивающихся жидкостей
8. Основы теории фильтрации многофазных систем
9. Гидродинамические модели методов повышения нефте- и газоконденсатоотдачи пластов
10. Особенности фильтрации неньютоновской жидкости
11. Движение жидкостей и газов в трещиноватых и трещиновато-пористых средах
12. Моделирование основных процессов фильтрации пластовых флюидов
13. Основные определения и понятия фильтрации жидкостей и газов. Опыт и закон Дарси
14. Математические модели однофазной фильтрации
15. Одномерная установившаяся фильтрация несжимаемой жидкости и газа в однородной пористой среде
16. Одномерные фильтрационные потоки по закону Дарси несжимаемой жидкости и газа в неоднородных пластах
17. Плоские установившиеся фильтрационные потоки
18. Неустановившееся движение упругой жидкости в упругом пласте
19. Приближенные методы решения задач теории упругого режима
20. Простейшие установившиеся напорные течения
21. Качественные методы теории напорных течений
22. Нестационарное движение однородной сжимаемой жидкости. Линейная теория
23. Нестационарное движение однородных жидкостей. Нелинейные эффекты
24. Неклассические модели движения однородных жидкостей
25. Неравновесность при фильтрации однородных жидкостей. Движение в трещиновато-пористых и слоисто-неоднородных пластах
26. Основные представления теории двухфазного течения в пористых средах

#### **Перечень тем для реферата**

1. Закон Дарси
2. Понятие о математическом моделировании и компьютерных моделях пластовых систем
3. Понятие о режимах нефтегазоводоносных пластов
4. Зависимость параметров флюидов и пористой среды от давления
5. Схемы одномерных фильтрационных потоков
6. Радиально-сферическая фильтрация несжимаемой жидкости
7. Одномерные фильтрационные потоки несжимаемой жидкости и газа в неоднородных пластах по закону Дарси
8. Особенности фильтрации неньютоновской жидкости
9. Приток жидкости к группе скважин в пласте с удаленным контуром питания
10. Виды несовершенства скважин. Скин-эффект
11. Интерференция скважин в условиях упругого режима
12. Фильтрация жидкости в пористой среде
13. Классические модели теории фильтрации однородной жидкости
14. Исследование нестационарных процессов фильтрации на основе моделирование

#### **Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов**

1. Underground Fluid Mechanics / Подземная гидромеханика [Электронный ресурс] : учебное пособие на английском языке / А. В. Хандзель, П. Н. Ливинцев, Н. М. Клименко, А. О. Шестерень. — Электрон. текстовые данные. — Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2016. — 149 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66012.html>
2. Басниев К.С. и др. Подземная гидромеханика [Электронный ресурс] / К. С. Басниев, Н. М. Дмитриев, Р. Д. Каневская, В. М. Максимов. — Электрон. текстовые данные. — Москва, Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2006. — 488 с. — 5-93972-547-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16594.html>
3. Савинкова Л.Д., Основы подземной нефтегазогидромеханики [Электронный ресурс]: учебное пособие / Савинкова Л.Д. - Оренбург: ОГУ, 2017. - 176 с. - ISBN 978-5-7410-1687-9 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785741016879.html>
4. Карнаухов М.Л., СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН: Справочник инженера по исследованию скважин [Электронный ресурс] / Карнаухов М.Л., Пьянкова Е.М. - М. : Инфра-Инженерия, 2010. - 432 с. - ISBN 978-5-9729-0031-2 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785972900312.html>
5. Нефть и газ [Электронный ресурс] / - М. : Горная книга, 2013. - 272 с. - ISBN 0236-1493-2013-48 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/GK-0236-1493-2013-48.html>

## **7. Оценочные средства**

### **Вопросы к первой рубежной аттестации**

1. Что изучает дисциплина «Подземная гидромеханика».
2. Когда кем и было заложено развитие подземной гидравлики.
3. Кем были в первые предприняты теоретические исследования в области подземной гидромеханики.
4. В каких годах прошлого века подземная гидромеханика вступила в новый период своего развития
5. Какое новое направление развивается на ряду с задачами течения подземных вод
6. Кто является основоположником нового направления газонефтяная подземная гидравлика
7. Когда и кем были описаны важнейшие исследования в области подземной гидромеханики
8. Что понимают под фильтрацией
9. Как называют самые большие пустоты взаимодействие жидкости, со стенками которых частично влияет на её влияние
10. Какую среду представляет собой твердое тело, содержащие поры, такие как песок, песчаник, известняк
11. Какую среду представляет собой твердого тела если внутри него возникли трещины.
12. Как называется модель пористой среды, построенная на основе допущения, что все поры – узкие цилиндры, расположенные параллельно друг другу.
13. Как называется модель пористой среды, построенная на основе допущения, что все зерна представлены в виде множества шарообразных частиц одинакового диаметра.
14. Какой из параметров является одним из важнейших, характеризующим пористую среду.
15. Что называется отношение объема пор  $\tau_n$  ко всему данному объему пористой среды  $\tau$ .
16. В каких единицах измеряется пористость.
17. Какой еще параметр служит, кроме пористости, для пористой среды.
18. Что называется отношение просветной площади (площади проходов) в некотором сечении пористой среды  $F_n$  ко всей площади этого сечения  $F$ .
19. Что вывел Ч. Сликтер для пористого фиктивного грунта, исходя из простых геометрических соображений.

20. Какого значения достигает пористость фиктивного грунта при укладке шаров под углом  $\alpha = 60$
21. Какого значения достигает пористость фиктивного грунта при укладке шаров под углом  $\alpha = 90$
22. Какого значения достигает просветность фиктивного грунта при укладке шаров под углом  $\alpha = 60$
23. Какого значения достигает пористость фиктивного грунта при укладке шаров под углом  $\alpha = 90$
24. Как называют абсолютную пористость и фиктивную пористость в природных или искусственных материалах
25. Как называется диаметр частиц фиктивного грунта, удовлетворяющим следующим условиям: геометрическая характеристика гидравлического сопротивления, оказываемого фиктивным грунтом фильтрационному потоку, должна быть такой, как и в случае реальной породы.
26. С помощью какого анализа находится эффективный диаметр частиц фиктивного грунта, при котором определяется групповые показатели состава грунта и процентное содержание отдельных фракций.
27. Что строят после просеивания грунта через специальный набор сит с различной площадью отверстий.
28. Перечислите два способа для вычисления эффективного диаметра
29. Что есть свойство пористой среды пропускать через себя жидкость, газ и газожидкостную смесь под воздействием приложенного перепада давления.
30. Как называется общий закон фильтрации в тех случаях, когда закон Дарси не имеет силу.

### **Образец варианта для проведения 1 рубежной аттестации**

1. Какую среду представляет собой твердое тело, содержащие поры, такие как песок, песчаник, известняк
2. Какую среду представляет собой твердого тела если внутри него возникли трещины.
3. Как называется модель пористой среды, построенная на основе допущения, что все поры – узкие цилиндры, расположенные параллельно друг другу.

### **Вопросы ко второй рубежной аттестации**

1. В каком виде выражается зависимость между скоростью фильтрации  $v$  и средней скоростью движения по трещинам  $u$  в трещиноватом пласте
2. По какой известной формуле из гидромеханики определяется средняя скорость течения жидкости между двумя плоскими неподвижными параллельными стенками.
3. Как записывается формула в общем случае для пористости трещиноватого пласта  $m_t$
4. Чему равно в системе СИ проницаемость 1 Дарси.
5. Сколько факторов влияет на объем пространства в трещиноватом коллекторе.
6. На что влияет увеличение зерен с падением пластового давления в трещиноватом коллекторе.
7. На что влияет увеличение сжимающих усилий на скелет продуктивного пласта в трещиноватом коллекторе.
8. Как называется одно из уравнений системы для определения переменных параметров нефти, газа или их смеси и параметров пласта является общее дифференциальное уравнение движения сжимаемой жидкости или газа в упругой среде фильтрационного потока.
9. Что выражает уравнение неразрывности в пределах постоянного элементарного объема, выделенного внутри пористой или трещиноватой среды.



10. Как может быть записана формула для объема порового пространства внутри параллелепипеда  $\tau_n$
11. Сколькими способами расчетов было найдено изменение массы жидкости внутри рассмотренного нашего параллелепипеда за промежуток времени  $dt$
12. Какой буквой обозначено масса жидкости параллелепипеда.
13. Чему равна масса жидкости, накопленная в параллелепипеде за время  $dt$ .
14. Какое условие должно быть соблюдено суммируя три этих выражения  $\frac{\partial}{\partial_x}(\rho v_x) \pi dt$ ,  $\frac{\partial}{\partial_y}(\rho v_y) \pi dt$ ,  $\frac{\partial}{\partial_z}(\rho v_z) \pi dt$  находя полную массу жидкости, накопленную в элементе пористой среды за время  $dt$  при условии, что источниками и стоками жидкости являются исключительно внешние грани выделенного параллелепипеда.
15. Что обозначает данная символическая запись  $div(\rho \vec{v})$ .
16. С помощью какого оператора иногда записывают закон Дарси, выражая  $grad p$ .
17. Как изображается каждое комплексное число  $z$  на рис. 3 изображенной на этой плоскости.
18. Что значит задать функцию комплексного переменного.
19. Под каким углом пересекаются две кривые, из которых одна принадлежит семейству кривых, определяемых уравнением  $\varphi(x, y) = C$ , а другая семейству кривых  $\psi(x, y) = C$
20. Что образуют два семейства кривых в основной плоскости течения.
21. Какому уравнение удовлетворяют функции  $\varphi(x, y)$  и  $\psi(x, y)$ .
22. Как называется условия для данного уравнения  $\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} = 0$ .
23. Как называется проявление в призабойной области пласта, с конечной мощностью при отсутствии радиального потока по причине, обусловленной конструкцией забоя или фильтра.
24. К какому типу относится скважина, если она вскрывает пласт не на всю мощность, хотя и имеет полностью открытую для притока пластовой жидкости поверхность.
25. К какому типу относится скважина, если она доведена до пласта, но сообщается с пластом только через отверстия в колонне труб, в цементном кольце или в специальном фильтре.
26. Чем характеризуется коэффициент несовершенства скважины
27. От какого показателя зависит коэффициент совершенства, если скважина несовершенна по степени вскрытия пласта и как он определяется
28. От чего еще зависит коэффициент совершенства скважины, если пласт вскрывается при помощи стреляющих перфораторов – пулевых, беспулевых (кумулятивных) и т.п.
29. Какой величиной иногда пользуются при расчете дебитов несовершенных скважин.
30. Как называется радиус такой воображаемой совершенной скважины, которая, действуя в условиях несовершенной скважины, давала бы тот же дебит, что и эта последняя.
31. Как можно определить дебит несовершенной скважины.
32. Какой величиной может учитываться влияние несовершенства скважины на приток к ней жидкости при существовании закона фильтрации закона Дарси.
33. Как называется искусственное образование и расширение трещин в породах призабойной области путем создания повышенных давлений жидкости, нагнетаемой в скважину.
34. Что нагнетают вместе с жидкостью для того чтобы трещины в породе не смыкались после падения давления нагнетаемого в пласт через скважину.
35. Какой протяженности обычно достигают трещины, образующиеся при разрыве пласта.

36. Что показали результаты экспериментальных исследований Д.А. Эфроса опубликованные в 1960 г (связанные с газированной жидкостью).
37. Когда получается течение одного рода, как показали результаты экспериментальных исследований Д.А. Эфроса.
38. Когда получается течение второго рода, как показали результаты экспериментальных исследований Д.А. Эфроса.
39. Чем можно объяснить большие фазовые проницаемости для смесей, чем фазовые проницаемости для газированной жидкости.
40. Чему соответствуют фазовые проницаемости газированной жидкости, если вычислять фазовые проницаемости, исходя из того, что в случае смеси фазы занимают различные поры, а при фильтрации сопровождающихся с выделением газа из раствора во многих порах одновременно присутствует жидкость и пузырьки газа, то при насыщенности  $S$  близкой 1.
41. Что можно считать только при фильтрации смеси, т.е. если газ не выделяется из раствора, а водится из вне.
42. Какой безразмерной величиной можно представить распределение фаз в порах.
43. Какого вида результаты дали промысловые исследования определения среднепластовой функции.
44. К какой функции близка среднепластовая функция  $\Psi(S)$ .
45. В каких случаях применимы двухпараметрические зависимости при определении проницаемости для фаз газированной жидкости.

### **Образец варианта для проведения 2 рубежной аттестации**

1. Чем характеризуется коэффициент несовершенства скважины
2. От какого показателя зависит коэффициент совершенства, если скважина несовершенна по степени вскрытия пласта и как он определяется
3. От чего еще зависит коэффициент совершенства скважины, если пласт вскрывается при помощи стреляющих перфораторов – пулевых, беспулевых (кумулятивных) и т.п.

### **Вопросы к экзамену**

1. Подземная гидромеханика – теоретическая основа разработки нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождений.
2. Важнейшие этапы развития подземной гидромеханики.
3. Явление фильтрации.
4. Простейшие модели пористой среды (ОПК-4).
5. Пористость и просветность.
6. Фиктивный грунт и переход от него к естественному грунту (ОПК-1).
7. Эффективный диаметр и способы его определения.
8. Скорость фильтрации. Закон Дарси.
9. Проницаемость пористой среды. Число Слихтера.
10. Границы применимости закона Дарси к явлениям фильтрации.
11. Число Рейнольдса.
12. Формулы общего закона фильтрации.
13. Классификация трещиноватых пластов. Параметры трещиноватости.
14. Проницаемость пласта.
15. Границы применимости закона Дарси в трещиноватых и трещиновато-пористых пластах
16. Одномерный фильтрационный поток.
17. Потенциальное движение.
18. Уравнение состояния жидкости, газа в пористой среде.
19. Коэффициенты объемной упругости жидкости и пласта.

20. Общие дифференциальные уравнения простейших одномерных потоков при нелинейном законе фильтрации.
21. Потенциальное движение одномерной несжимаемой жидкости.
22. Пьезометрическая линия, индикаторная линия и изобары.
23. Поток одномерной несжимаемой жидкости в деформируемом трещиноватом пласте.
24. Поток идеального газа в деформируемом трещиноватом пласте.
25. Особенности фильтрационного потока в деформируемом трещиноватом пласте в условиях нелинейного закона фильтрации.
26. Дифференциальное уравнение установившегося движения несжимаемой жидкости со свободной поверхностью в пласте, имеющем непроницаемую подошву.
27. Дебит и индикаторная диаграмма для потока жидкости со свободной поверхностью.
28. Понятие о методе исследования плоского потока.
29. Фильтрационный поток жидкости от нагнетательной скважины к эксплуатационной.
30. Плоский поток, если в полубесконечном и круглом пластах расположена одна скважина.
31. Влияние на производительность скважины формы внешнего контура пласта.
32. Взаимодействие скважин кольцевой батареи.
33. Количественная оценка эффекта взаимодействия скважин.
34. Интерференция скважин.
35. Прямолинейная батарея скважин.
36. Совместное действие нескольких эксплуатационных и нагнетательных батарей.
37. Влияние радиуса скважины на ее производительность.
38. Уравнение неразрывности (сплошности) фильтрационного потока в прямолинейной декартовой системе координат.
39. Обобщенная форма закона Дарси.
40. Уравнение потенциального движения.
41. Уравнение неразрывности фильтрационного потока в трещиновато-пористом и трещиноватом пластах (ОПК-4).

**Образец билета для экзамена**

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

имени академика М.Д. Миллионщикова

Институт нефти и газа специализация «Разработка и эксплуатация нефтяных  
месторождений» семестр \_\_\_\_\_

Дисциплина «Подземная гидравлика»

Билет № 1

1. Важнейшие этапы развития подземной гидромеханики  
\_\_\_\_\_
2. Границы применимости закона Дарси к явлениям фильтрации  
\_\_\_\_\_
3. Поток одномерной несжимаемой жидкости в деформируемом трещиноватом  
пласте  
\_\_\_\_\_

Утверждаю:

«    » \_\_\_\_\_ 201    г.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

## Текущий контроль

Определение коэффициента Дарси

Коэффициент Дарси следует определить для условий ламинарного и турбулентного режимов фильтрации течения жидкости по стволу скважин, входящих в кольцевую батарею. Смена режима движения жидкости наступает при критическом значении числа Рейнольдса, равном 2320.

Для ламинарного движения жидкости соответственно число Рейнольдса меньше критического значения ( $Re < 2320$ ), коэффициент Дарси при этом определяется по формуле Пуазейля (1):

$$\lambda_{\text{тр}} = \frac{64}{Re} \quad (1)$$

где  $Re$  число Рейнольдса, определенное по следующей формуле (2).

$$Re = \frac{v \cdot \rho \cdot d}{\mu}, \quad (2)$$

где  $v$  – скорость фильтрации равная  $25 \cdot 10^{-3}$  м/с,  $\rho$  – плотность жидкости равная  $850 \text{ кг/м}^3$ ,  $d$  – внутренний диаметр насосно-компрессорных труб  $63 \text{ мм}$ ,  $\mu$  – динамический коэффициент вязкости жидкости  $4 \cdot 10^{-3} \text{ н} \cdot \text{сек/м}^2$ .

**7.4. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкалы оценивания.**

**Таблица 7**

Планируемые результаты освоения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения				Наименование оценочного средства
	менее 41 баллов (неудовлетворител	41-60 баллов (удовлетворитель	61-80 баллов (хорошо)	81-100 баллов (отлично)	
<b>ОПК-1.</b> Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи профессиональной деятельности с учетом основных требований и потребностей нефтегазовой отрасли					
<b>Знать:</b> режимы работы нефтяных и газовых пластов, способы эксплуатации скважин, основы выбора рационального способа эксплуатации скважин, эксплуатация скважин и обслуживание скважин.	Частичное владение	Неполные знания	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания	Сформированные систематические знания	Задания для контрольной работы, тестовые задания, темы рефератов, билеты
<b>Уметь:</b> соблюдать требования нормативной документации по эксплуатации и обслуживанию технологического оборудования, конструкций, объектов.	Частичные умения	Неполные знания	Умения полные, допускаются небольшие ошибки	Сформированные умения	
<b>Владеть:</b> навыками эффективной эксплуатации технологического оборудования, конструкций, объектов.	Частичное владение навыками	Неполное применение навыков	В систематическом применении навыков допускаются пробелы	Успешное и систематическое применение навыков	

Продолжение таблицы 7

Планируемые результаты освоения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения				Наименование оценочного средства
	менее 41 баллов (неудовлетворител	41-60 баллов (удовлетворитель	61-80 баллов (хорошо)	81-100 баллов (отлично)	
<b>ОПК-4.</b> Способен использовать рациональные методы моделирования процессов природных и технических систем, сплошных и разделённых сред, геологической среды, массива горных пород					
<b>Знать:</b> принципиальные особенности моделирования математических, физических и химических процессов, предназначенные для конкретных технологических процессов	Частичное владение	Неполные знания	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания	Сформированные систематические знания	Задания для контрольной работы, тестовые задания, темы рефератов, билеты
<b>Уметь:</b> находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи	Частичные умения	Неполные знания	Умения полные, допускаются небольшие ошибки	Сформированные умения	
<b>Владеть:</b> навыками проведения критического анализа проблемных ситуаций в ходе решения задач профессиональной деятельности.	Частичное владение навыками	Неполные применение навыков	В систематическом применении навыков допускаются пробелы	Успешное и систематическое применение навыков	

## **8. Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Для осуществления процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся созданы фонды оценочных средств, адаптированные для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья и позволяющие оценить достижение ими запланированных в основной образовательной программе результатов обучения и уровень сформированности всех компетенций, заявленных в образовательной программе. Форма проведения текущей аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей (устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п.). При тестировании для слабовидящих студентов используются фонды оценочных средств с укрупненным шрифтом. На экзамен приглашается сопровождающий, который обеспечивает техническое сопровождение студенту. При необходимости студенту-инвалиду предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене (или зачете). Обучающиеся с ограниченными возможностями здоровья и обучающиеся инвалиды обеспечиваются печатными и электронными образовательными ресурсами (программы, учебные пособия для самостоятельной работы и т.д.) в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

1) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья **по зрению:**

- **для слепых:** задания для выполнения на семинарах и практических занятиях оформляются рельефно-точечным шрифтом Брайля или в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением для слепых, либо зачитываются ассистентом; письменные задания выполняются на бумаге рельефно-точечным шрифтом Брайля или на компьютере со специализированным программным обеспечением для слепых либо надиктовываются ассистенту; обучающимся для выполнения задания при необходимости предоставляется комплект письменных принадлежностей и бумага для письма рельефно-точечным шрифтом Брайля, компьютер со специализированным программным обеспечением для слепых;

- **для слабовидящих:** обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс; обучающимся для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств; задания для выполнения заданий оформляются увеличенным шрифтом;

2) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья **по слуху:**

- **для глухих и слабослышащих:** обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости обучающимся предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования; предоставляются услуги сурдопереводчика;

- **для слепоглухих** допускается присутствие ассистента, оказывающего услуги тифлосурдопереводчика (помимо требований, выполняемых соответственно для слепых и глухих);

3) для лиц с тяжелыми нарушениями речи, глухих, слабослышащих лекции и семинары, проводимые в устной форме, проводятся в письменной форме;

4) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, **имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата:**

- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата, нарушениями двигательных функций верхних конечностей или отсутствием верхних конечностей: письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту; выполнение заданий (тестов, контрольных работ), проводимые в письменной форме, проводятся в устной форме путем опроса, беседы с обучающимся.

## 9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 9.1. Литература

1. Underground Fluid Mechanics / Подземная гидромеханика [Электронный ресурс] : учебное пособие на английском языке / А. В. Хандзель, П. Н. Ливинцев, Н. М. Клименко, А. О. Шестерень. — Электрон. текстовые данные. — Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2016. — 149 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66012.html>
2. Басниев К.С. и др. Подземная гидромеханика [Электронный ресурс] / К. С. Басниев, Н. М. Дмитриев, Р. Д. Каневская, В. М. Максимов. — Электрон. текстовые данные. — Москва, Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2006. — 488 с. — 5-93972-547-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16594.html>
3. Выполнение курсового проекта и лабораторных работ Савинкова, Л. Д. Подземная гидромеханика. Выполнение курсового проекта и лабораторных работ [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Л. Д. Савинкова. — Электрон. текстовые данные. — Оренбург : Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2017. — 171 с. — 978-5-7410-1775-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/78812.html>
4. Савинкова Л.Д., Основы подземной нефтегазогидромеханики [Электронный ресурс]: учебное пособие / Савинкова Л.Д. - Оренбург: ОГУ, 2017. - 176 с. - ISBN 978-5-7410-1687-9 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785741016879.html>
5. Карнаухов М.Л., СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН: Справочник инженера по исследованию скважин [Электронный ресурс] / Карнаухов М.Л., Пьянкова Е.М. - М. : Инфра-Инженерия, 2010. - 432 с. - ISBN 978-5-9729-0031-2 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785972900312.html>

#### *б) дополнительная литература:*

1. Нефть и газ [Электронный ресурс] / - М. : Горная книга, 2013. - 272 с. - ISBN 0236-1493-2013-48 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/GK-0236-1493-2013-48.html>
2. Казарян В.А. Подземное хранение газов и жидкостей [Электронный ресурс] / В. А. Казарян. — Электрон. текстовые данные. — Москва, Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2006. — 432 с. — 5-93972-505-8. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16595.html>
3. Пономарева Г.А. Углеводороды нефти и газа. Физико-химические свойства [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Пономарева Г.А.— Электрон. текстовые данные.— Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2016.— 99 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/61419.html>.

### 9.2. Методические указания по освоению дисциплины (приложение)



## **10 Материально-техническое обеспечение дисциплины «Подземная гидромеханика»**

1. Перечень материально-технических средств учебной поточной аудитории для чтения лекций: Компьютер стационарный, переносной; Комплект электропитания типа ЩЭ (220 В, 2 кВт) в комплекте с УЗО; Видеопроектор; Мультимедийный проектор; Экран настенный; Коммутационный комплект для проектора; DVD-плеер; Усилитель; Микрофоны, Звуковая колонка.
2. Телевизионная студия, оснащённая телесъёмочным оборудованием (подготовка учебных фильмов): Камеры стационарные; Камеры переносные; Микрофоны; Световое оборудование (потолочное/напольное); LED телевизоры/панели.
3. Перечень материально-технических средств учебного помещения для проведения практических и семинарских занятий: Компьютеры стационарные, персональные, мониторы; Мультимедийный портативный переносной проектор; Экран на треноге, экран подвесной; Видеомагнитофон; Принтеры, МФУ типа HP или аналоги; Сканеры типа AGFA или аналоги; Сетевое оборудование для организации работы в компьютерном классе; Соответствующее лицензионное программное обеспечение, учитывающее специфику базовых и вариативных дисциплин специализаций. При чтении лекций используется экран и монитор.

Методические указания по освоению дисциплины

«Подземная гидравлика»

**1. Методические указания для обучающихся по планированию и организации времени, необходимого для освоения дисциплины.**

Изучение рекомендуется начать с ознакомления с рабочей программой дисциплины, ее структурой и содержанием разделов (модулей), фондом оценочных средств, ознакомиться с учебно-методическим и информационным обеспечением дисциплины.

Дисциплина «Подземная гидравлика» состоит из 9 связанных между собой тем, обеспечивающих последовательное изучение материала.

Обучение по дисциплине «Подземная гидравлика» осуществляется в следующих формах:

1. Аудиторные занятия (лекции, практические/семинарские занятия).
2. Самостоятельная работа студента (подготовка к лекциям, практическим/практическим занятиям, тестам/рефератам/докладам/эссе, и иным формам письменных работ, выполнение анализа кейсов, индивидуальная консультация с преподавателем).
3. Интерактивные формы проведения занятий (коллоквиум, лекция-дискуссия, групповое решение кейса и др. формы).

Учебный материал структурирован и изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Каждому практическому/ семинарскому занятию и самостоятельному изучению материала предшествует лекция по данной теме. Обучающиеся самостоятельно проводят предварительную подготовку к занятию, принимают активное и творческое участие в обсуждении теоретических вопросов, разборе проблемных ситуаций и поисков путей их решения. Многие проблемы, изучаемые в курсе, носят дискуссионный характер, что предполагает интерактивный характер проведения занятий на конкретных примерах.

Описание последовательности действий обучающегося:

При изучении курса следует внимательно слушать и конспектировать материал, излагаемый на аудиторных занятиях. Для его понимания и качественного усвоения рекомендуется следующая последовательность действий:

1. После окончания учебных занятий для закрепления материала просмотреть и обдумать текст лекции, прослушанной сегодня, разобрать рассмотренные примеры (10 – 15 минут).
2. При подготовке к лекции следующего дня повторить текст предыдущей лекции, подумать о том, какая может быть следующая тема (10 - 15 минут).
3. В течение недели выбрать время для работы с литературой в библиотеке (по 1 часу).
4. При подготовке к практическому/ семинарскому занятию повторить основные понятия по теме, изучить примеры. Решая конкретную ситуацию, - предварительно понять, какой теоретический материал нужно использовать. Наметить план решения, попробовать на его основе решить 1 - 2 практические ситуации (лаб. работы).

**2. Методические указания по работе обучающихся во время проведения лекций.**

Лекции дают обучающимся систематизированные знания по дисциплине, концентрируют их внимание на наиболее сложных и важных вопросах. Лекции обычно излагаются в традиционном или в проблемном стиле. Для студентов в большинстве случаев в проблемном стиле. Проблемный стиль позволяет стимулировать активную

познавательную деятельность обучающихся и их интерес к дисциплине, формировать творческое мышление, прибегать к противопоставлениям и сравнениям, делать обобщения, активизировать внимание обучающихся путем постановки проблемных вопросов, поощрять дискуссию.

Во время лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала, обращать внимание на формулировки и категории, раскрывающие суть того или иного явления, или процессов, выводы и практические рекомендации.

Конспект лекции лучше подразделять на пункты, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать вопросы плана лекции, предложенные преподавателям. Следует обращать внимание на акценты, выводы, которые делает преподаватель, отмечая наиболее важные моменты в лекционном материале замечаниями

«важно», «хорошо запомнить» и т.п. Можно делать это и с помощью разноцветных маркеров или ручек, подчеркивая термины и определения.

Целесообразно разработать собственную систему сокращений, аббревиатур и символов. Однако при дальнейшей работе с конспектом символы лучше заменить обычными словами для быстрого зрительного восприятия текста.

Работая над конспектом лекций, необходимо использовать не только основную литературу, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал преподаватель. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть теоретическим материалом.

Тематика лекций дается в рабочей программе дисциплины.

### **3. Методические указания обучающимся по подготовке к практическим/семинарским занятиям.**

На практических/семинарских занятиях приветствуется активное участие в обсуждении конкретных ситуаций, способность на основе полученных знаний находить наиболее эффективные решения поставленных проблем, уметь находить полезный дополнительный материал по тематике семинарских занятий.

Студенту рекомендуется следующая схема подготовки к семинарскому занятию:

1. Ознакомление с планом практического/семинарского занятия, который отражает содержание предложенной темы;

2. Проработать конспект лекций;

3. Прочитать основную и дополнительную литературу.

В процессе подготовки к практическим занятиям, необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы. При всей полноте конспектирования лекции в ней невозможно изложить весь материал из-за лимита аудиторных часов. Поэтому самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов отношение к конкретной проблеме. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса;

4. Ответить на вопросы плана практического/семинарского занятия;

5. Выполнить домашнее задание;

6. Проработать тестовые задания и задачи;

7. При затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю.

Результат такой работы должен проявиться в способности студента свободно ответить на теоретические вопросы практикума, выступать и участвовать в коллективном обсуждении вопросов изучаемой темы, правильно выполнять практические задания и иные задания, которые даются в фонде оценочных средств дисциплины.

### **3. Методические указания обучающимся по организации самостоятельной работы.**

Цель организации самостоятельной работы по дисциплине «Подземная гидравлика»- это углубление и расширение знаний в области нефтегазового дела; формирование навыка и интереса к самостоятельной познавательной деятельности.

Самостоятельная работа обучающихся является важнейшим видом освоения содержания дисциплины, подготовки к практическим занятиям и к контрольной работе. Сюда же относятся и самостоятельное углубленное изучение тем дисциплины. Самостоятельная работа представляет собой постоянно действующую систему, основу образовательного процесса и носит исследовательский характер, что послужит в будущем основанием для написания выпускной квалификационной работы, практического применения полученных знаний.

Организация самостоятельной работы обучающихся ориентируется на активные методы овладения знаниями, развитие творческих способностей, переход от поточного к индивидуализированному обучению, с учетом потребностей и возможностей личности.

Правильная организация самостоятельных учебных занятий, их систематичность, целесообразное планирование рабочего времени позволяет студентам развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивать высокий уровень успеваемости в период обучения, получить навыки повышения профессионального уровня.

Подготовка к практическому занятию включает, кроме проработки конспекта и презентации лекции, поиск литературы (по рекомендованным спискам и самостоятельно), подготовку заготовок для выступлений по вопросам, выносимым для обсуждения по конкретной теме. Такие заготовки могут включать цитаты, факты, сопоставление различных позиций, собственные мысли. Если проблема заинтересовала обучающегося, он может подготовить реферат и выступить с ним на практическом занятии. Практическое занятие - это, прежде всего, дискуссия, обсуждение конкретной ситуации, то есть предполагает умение внимательно слушать членов малой группы и модератора, а также стараться высказать свое мнение, высказывать собственные идеи и предложения, уточнять задавать вопросы коллегам по обсуждению.

При подготовке к контрольной работе обучающийся должен повторять пройденный материал в строгом соответствии с учебной программой, используя конспект лекций и литературу, рекомендованную преподавателем. При необходимости можно обратиться за консультацией и методической помощью к преподавателю.

Самостоятельная работа реализуется:

- непосредственно в процессе аудиторных занятий - на лекциях, практических занятиях;
- в контакте с преподавателем вне рамок расписания - на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.
- в библиотеке, дома, на кафедре при выполнении обучающимся учебных и практических задач.

Виды СРС и критерии оценок

(по балльно-рейтинговой системе ГГНТУ, СРС оценивается в 15 баллов)

1. Реферат
2. Доклад
3. Эссе
4. Участие в мероприятиях

Темы для самостоятельной работы прописаны в рабочей программе дисциплины. Эффективным средством осуществления обучающимся самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает

доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), практик, к изданиям электронных библиотечных систем.

**Составитель:**

Ст. преп. кафедры «БРЭНГМ»



/И.И. Алиев/

**Согласовано:**

Зав. кафедрой «БРЭНГМ», к.т.н., доцент



/А.Ш.Халадов/

Директор ДУМР ГГНТУ, к.ф-м.н., доцент



/М.А. Магомаева/