

ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ

Утверждено:  
на заседании кафедры  
протокол №6 от «22» января 2021г.

Согласовано:  
Председатель УМК ФТИ

Зав. кафедрой  / Ковалева Л.А.

 / Балапанов М.Х.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

дисциплина Физические основы разработки нефтяных месторождений

Б1.В.ДВ.05.02 вариативная часть, дисциплина по выбору

**программа магистратура**

03.04.01 Прикладные математика и физика.

Направленность подготовки

«Цифровые модели нефтегазовых месторождений»

Квалификация

Магистр

Разработчик (составитель) <u>Доцент, кандидат технических наук,</u> <u>доцент</u>	 /Зиннатуллин Р.Р
---	--

Для приема: 2021 г.

Уфа 2021 г.

Составитель / составители: Зиннатуллин Р.Р

Рабочая программа дисциплины *утверждена* на заседании кафедры протокол от «22» января 2021  
г. № 6

Заведующий кафедрой  / Л.А.Ковалева

### Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы	
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)	
4. Фонд оценочных средств по дисциплине	
4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания	
4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	
4.3. <i>Рейтинг-план дисциплины (при необходимости)</i>	
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	
5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины	
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**  
(с ориентацией на карты компетенций)

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

**ОК-1** - способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу

**ПК-1** - способностью самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	1. Знать способы и пути самосовершенствования и развития интеллектуального и общественного уровня; способы применения методологии современной философии в интеллектуальном самопознании и саморазвитии; философски-категориальный методологический аппарат; основные этапы развития науки в целом и технических наук, в частности; специфику и основания постановки проблемы развития науки.	ОК-1	
	2. Знать: методологию проведения различного типа исследований.	ПК - 1	
Умения	1. Уметь научно анализировать социо-культурные, общественно значимые проблемы и процессы, факты и явления, используя знания, приобретенные в результате изучения базовых дисциплин; анализировать проблему соотношения техники и технических наук, научного познания и инженерно-технической деятельности, содержание и значение научных и технических революций.	ОК-1	
	2. Уметь: осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации по теме исследования, выбор методик и средств решения поставленной задачи; планировать и проводить исследования технологических процессов при освоении месторождений, транспорте и хранении углеводородов.	ПК - 1	
Владения (навыки / опыт деятельности)	1. Владеть навыками философского осмысления науки в социо-культурном аспекте, навыками подготовки научной публикации, участия в научных конференциях; навыками использования эвристических, этических и теоретико-методологических ресурсов философии науки в собственных научных исследованиях; навыками разработки и защиты реферата по философии и методологии науки.	ОК-1	

	2. Владеть: навыками проведения исследований и оценки их результатов.	ПК - 1	
--	---	--------	--

## **2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «*Физические основы разработки нефтяных месторождений*» относится к вариативной части.

Дисциплина изучается на *2 курсе* в *4 семестре*.

Цель дисциплины: данный курс предназначен для студентов данного направления. Курс «Физические основы разработки нефтяных месторождений» позволяет на основе изучения физических свойств горных пород и насыщающих флюидов рассчитывать параметры и показатели разработки нефтегазовых месторождений.

Для усвоения дисциплины обучаемый должен обладать базовой математической и физической подготовкой в рамках университетского курса для студентов физиков и навыками владения современными вычислительными средствами. Обучаемый должен владеть основными понятиями физики. По предмету и методу своих исследований данный курс тесно связан с такими предметами как «Петрофизика», «Физика нефтегазового пласта», «Подземная гидродинамика», «Нефтепромысловая геология» и способствует формированию у будущих специалистов принципов физического и инженерного подхода к разработке нефтегазовых месторождений.

Дисциплина «Физические основы разработки нефтяных месторождений» призвана помочь магистрам овладеть навыками и знаниями, необходимыми для выполнения научно-исследовательской работы, включая выполнение выпускной классифицированной работы, а так же изучению таких дисциплин как «Геологическое моделирование», «Гидродинамические исследования скважин».

## **3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)**

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

#### 4. Фонд оценочных средств по дисциплине

##### 4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код и формулировка компетенции:

ОК-1-способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения	
		Не зачтено	Зачтено
Первый этап	Знать способы и пути самосовершенствования и развития интеллектуального и общественного уровня; способы применения методологии современной философии в интеллектуальном самопознании и саморазвитии; философски-категориальный методологический аппарат; основные этапы развития науки в целом и технических наук, в частности; специфику и основания постановки проблемы развития науки.	Имеет фрагментарные знания, не готов к участию в дискуссии на профессиональные темы;	Уверенно знает профессиональную лексику, готов к участию в дискуссии на профессиональные темы; знает основы делового общения.
Второй этап	Уметь научно анализировать социо-культурные, общественно значимые проблемы и процессы, факты и явления, используя знания, приобретенные в результате изучения базовых дисциплин; анализировать проблему соотношения техники и технических наук, научного познания и инженерно-технической деятельности, содержание и значение научных и технических революций.	Не умеет научно анализировать социо-культурные, общественно значимые проблемы и процессы.	Уверенно проводит анализ социокультурных, общественно значимых проблемы и процессы; проблемы соотношения техники и технических наук, научного познания и инженерно-технической деятельности.
Третий этап	Владеть навыками философского осмысления науки в социо-культурном аспекте, навыками подготовки научной публикации, участия в научных конференциях; навыками использования эвристических, этических и теоретико-методологических ресурсов философии науки в собственных научных исследованиях; навыками разработки и защиты реферата по философии и методологии науки.	Не способен работать с различными источниками информации; применения современных инструментальных средств для проведения информационно-поисковой работы с последующим внедрением данных для решения поставленных задач	Владеет навыками работы с различными источниками информации; применения современных инструментальных средств для проведения информационно-поисковой работы с последующим внедрением данных для решения поставленных задач

ПК-1- способностью самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта

Этап (уровень) освоения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения	
		Не зачтено	Зачтено

компетенции			
Первый этап	Знать: методологию проведения различного типа исследований.	Не знает	Достаточно уверенно знает методологию проведения различного типа исследований.
Второй этап	Уметь осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации по теме исследования, выбор методик и средств решения поставленной задачи; планировать и проводить исследования технологических процессов при освоении месторождений, в транспорте и хранении углеводородов.	Не умеет	Уметь осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации по теме исследования, выбор методик и средств решения поставленной задачи; планировать и проводить исследования технологических процессов в изучаемой области.
Третий этап	Владеть навыками проведения исследований и оценки их результатов.	Не владеет	Владеет навыками проведения исследований и оценки их результатов.

Показатели сформированности компетенции:

Критериями оценивания являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины (для зачета: текущий контроль – максимум 50 баллов; рубежный контроль – максимум 50 баллов, поощрительные баллы – максимум 10).

Шкалы оценивания:

для зачета:

зачтено – от 60 до 110 рейтинговых баллов (включая 10 поощрительных баллов), не зачтено – от 0 до 59 рейтинговых баллов).

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

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Этапы освоения	Результаты обучения	Компетенции	Оценочные средства
1-й этап Знания	1. Знать способы и пути самосовершенствования и развития интеллектуального и общественного уровня; способы применения методологии современной философии в интеллектуальном самопознании и саморазвитии; философски-категориальный методологический аппарат; основные этапы развития науки в целом и технических наук, в частности; специфику и основания постановки	ОК-1	Решение задач; тесты; лабораторные работы; зачет

	проблемы развития науки в XXI веке.		
	2. Знать: методологию проведения различного типа исследований.	ПК - 1	
2-й этап Умения	1. Уметь научно анализировать социо-культурные, общественно значимые проблемы и процессы, факты и явления, используя знания, приобретенные в результате изучения базовых дисциплин; анализировать проблему соотношения техники и технических наук, научного познания и инженерно-технической деятельности, содержание и значение научных и технических революций.	ОК-1	Решение задач; тесты; лабораторные работы; зачет
	2. Уметь: осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации по теме исследования, выбор методик и средств решения поставленной задачи; планировать и проводить исследования технологических процессов при освоении месторождений, в транспорте и хранении углеводородов.	ПК - 1	
3-й этап Владеть навыками	1. Владеть навыками философского осмысления науки в социо-культурном аспекте, навыками подготовки научной публикации, участия в научных конференциях; навыками использования эвристических, этических и теоретико-методологических ресурсов философии науки в собственных научных исследованиях; навыками разработки и защиты реферата по философии и методологии науки.	ОК-1	Решение задач; тесты; лабораторные работы; зачет
	2. Владеть: навыками проведения исследований и оценки их результатов.	ПК - 1	

**Вопросы к итоговому зачету по дисциплине**

1. Основные физические свойства пород – коллекторов и флюидов (гранулометрический состав, удельная поверхность, пористость, водо-, нефте-, газонасыщенность, проницаемость, смачиваемость, капиллярное давление, вязкость растворимость газов в нефти).
2. Относительная проницаемость, приведение средних данных с учетом различных начальных водонасыщенностей, эмпирические зависимости для относительных проницаемостей.
3. Физические свойства нефти в пластовых условиях (объемный коэффициент, плотность и вязкость нефти в пластовых условиях). Зависимость свойств нефти от давления включая давления насыщения нефти газом.
4. Диаграмма фазовых состояний одно- и многокомпонентной системы. Диаграммы фазовых состояний двухфазной системы – «нефть-газ».
5. Коэффициенты характеризующие нефтеотдачу. Коэффициент извлечения нефти (КИН).
6. Подсчет запасов объемным методом.
7. Приток жидкости к перфорированной скважине. Несовершенство скважин и коэффициент несовершенства.
8. Модель скин-эффекта. Скин-фактор и методы её определения. Приведенный (эффективный) радиус скважины.
9. Производительность скважины. Влияние компонентов уравнения Дарси на производительность скважины.
10. Индикаторная кривая. Коэффициент продуктивности. Поправка Вогеля.
11. Источники и характеристика пластовой энергии.
12. Режимы работы нефтяных залежей.
13. Технология, показатели и стадии разработки нефтяных месторождений.
14. Понятие системы и объекта разработки. Факторы, влияющие на выделение объектов разработки. Понятие о рациональности системе разработки.
15. Параметры, характеризующие системы разработки нефтяных месторождений.
16. Системы разработки без воздействия и с воздействием на пласты.
17. Рядное и площадное расположение скважин.
18. Расчет технологических показателей разработки месторождения с использованием модели непоршневого вытеснения нефти водой по методу Баклея-Левретта.
19. Коэффициент подвижности и движение отдельных фаз в многофазовом потоке. Метод Велджа.
20. Вывод уравнения материального баланса.

21. Виды эксплуатации нефтяных скважин (фонтанная, газлифтная, ШГН, ЭЦН и др.).
22. Порядок составления и утверждения проектных документов на ввод в разработку нефтяного месторождения.

### Примеры типовых задач, предлагаемых на лабораторных занятиях

#### Тема 1.

##### Задача 1.

Исходные данные по скважинам одного месторождения:

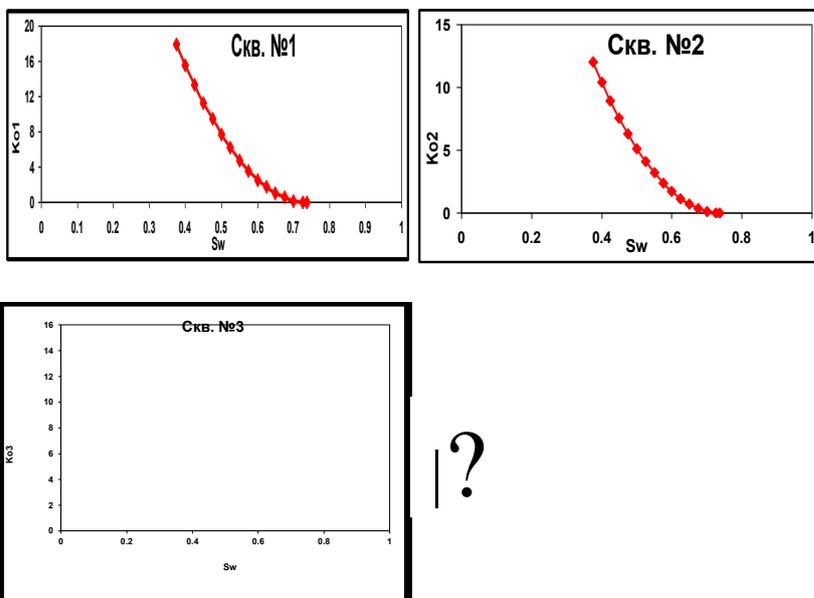
Эффективная проницаемость по нефти на момент открытия месторождения

Скважина №1 -  $k_{o1}(S_{wir})=18$  мД.

Скважина №2 -  $k_{o2}(S_{wir})=12$  мД.

Скважина №3 -  $k_{o3}(S_{wir})=16$  мД.

Зависимость эффективной проницаемости нефти от водонасыщенности (лабораторные исследования)



Определить эффективную проницаемость нефти по скважине №3 при достижении водонасыщенности 0,5 ?

##### Задача 1.

Для относительных проницаемостей (табл. 1 и 2) предполагаемая изначальная средняя водонасыщенность составляет 15%. Постройте кривые средних значений нефте- и водопроницаемостей пласта и сопоставьте их со средними значениями водонасыщенности.

Значения относительных проницаемостей и водонасыщенности кривых, представленных на рис. 1 приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Данные по нефтепроницаемости

$k_{го}$	$S_{w1}$	$S_{w2}$	$S_{w3}$
1,00	8,0	25,0	37,0
0,90	11,0	27,5	39,0

0,80	13,5	30,0	41,0
0,70	16,5	32,5	44,0
0,60	20,0	35,0	46,0
0,50	23,0	37,5	48,5
0,40	26,5	40,5	51,0
0,30	30,5	44,0	54,5
0,20	35,0	47,2	58,0
0,10	41,1	51,0	63,2
0,05	46,0	54,0	67,0
0,01	52,5	58,0	72,5
0,00	56,0	60,5	76,0

*Таблица 2. Данные по водопрооницаемости*

$k_{rw}$	$S_{w1}$	$S_{w2}$	$S_{w3}$
0,5	62	73	86,5
0,4	59	70	83,5
0,3	56	67	80,5
0,2	52	63,5	76,5
0,1	46,5	58,5	71
0,05	42,5	55	67
0,01	36	48	62
0,00	8	25	37

**Задача 3.**

Имеются следующие данные по керну:

$$S_{wir} = 0,27; k_{ro}(S_{wir}) = 1; S_{ro} = 0,22; k_{rw}(S_{ro}) = 0,27; E_{xw} = 2; E_{xo} = 2.$$

Построить диаграмму относительных фазовых проницаемостей.

$$K_{rw} = (K_{rw})_{S_{or}} * \left( \frac{S_w - S_{wir}}{1 - S_{or} - S_{wir}} \right)^{E_{xw}}$$

$$K_{ro} = (K_{ro})_{S_{wir}} * \left( \frac{1 - S_{or} - S_w}{1 - S_{or} - S_{wir}} \right)^{E_{xo}}$$

**Задача 4.**

Результаты серии лабораторных измерений представлены в следующей таблице 3 средних значений проницаемостей для нефтяного месторождения. Поскольку данные были получены давно, за базовую проницаемость принята проницаемость по воздуху.

Эти данные показывают, что водонасыщенность пласта для связанной воды составляет 25%. Геофизические исследования скважин и анализ керна дали другой результат: 15%. Трансформируйте данные по проницаемости так, чтобы они соответствовали водонасыщенности в 15%, и нормализуйте их в интервале от 0,0 до 1,0.

**Таблица 3.**

$S_w, \%$	$krw$	$kro$
25	0,000	0,565
30	0,002	0,418
35	0,015	0,300
40	0,025	0,218
45	0,040	0,144
50	0,060	0,092
55	0,082	0,052
60	0,118	0,027
65	0,153	0,009
70	0,200	0,000

## Тема 2.

### **Задача 5.**

Рассчитайте балансовые и извлекаемые запасы нефтяного месторождения со следующими свойствами:

Площадь нефтеносности	6900000 м <sup>2</sup>
Средняя эффективная нефтенасыщенная толщина	9.3 м
Начальная водонасыщенность	0.3
Пористость	0.22
Объёмный коэффициент нефти	1.16
Коэффициент извлечения нефти	0.45
Плотность нефти	0.875

### **Задача 6.**

Имеются следующие данные по истории разработки объекта:

Накопл. добыча ж-ти	3093 тыс.т
Накопл. добыча нефти	831 тыс.т

Накопл. закачка воды	2354 тыс.м <sup>3</sup>
Добыча ж-ти за 2010 г.	119 тыс.т
Добыча нефти за 2010 г.	8,9 тыс.т
Закачка воды за 2010 г.	132 тыс.т
Плотность нефти	0,85 г/см <sup>3</sup>
Плотность воды	1,17 г/см <sup>3</sup>
Объемный к-т нефти	1,12
Объемный к-т воды	1,01

Рассчитайте:

- текущую (за 2010 г.) и накопленную компенсацию
- весовую и объёмную обводнённость за 2010 г.

### Задача 7.

Пользуясь методом материального баланса, рассчитайте приток воды из-за контура для месторождения из Задачи 5, которое разрабатывается в течение 5 лет.

Дополнительные данные:

Накопленная добыча нефти	550000 т
Накопленная добыча воды	480000 м <sup>3</sup>
Накопленная закачка воды	830000 м <sup>3</sup>
Эффективная сжимаемость	0.00024 1/атм
Объёмный коэффициент нефти	1.16
Объёмный коэффициент воды	1.01
Начальное пластовое давление	200 атм
Текущее пластовое давление	160 атм

### Тема 3.

Задача №8: Скважина работает со следующими параметрами:

$$q_o = 64 \text{ м}^3/\text{сут}; \quad q_w = 0 \text{ м}^3/\text{сут}; \quad P_{wf} = 103 \text{ атм}; \quad P_r = 200 \text{ атм}$$

$$\mu_o = 1.36 \text{ сПз}; \quad B_o = 1.2 \text{ м}^3/\text{м}^3 r_e = 500 \text{ м}; \quad r_w = 0.108 \text{ м}; \quad S = 0$$

Данная скважина рассматривается как кандидат на снижение забойного давления и проведение ГРП.

По скважине нужно

- 1) Рассчитать  $Kh$
- 2) Рассчитать максимальный теоретический дебит ( $q_{\text{отх}}$ )
- 3) Построить индикаторную кривую (IPR)
- 4) Определить коэффициент продуктивности (PI)
- 5) Рассчитать потенциальный дебит при забойном давлении 50 атм, до проведения ГРП при  $S=0$
- 6) Рассчитать потенциальный дебит при забойном давлении 50 атм, после проведения ГРП при  $S = -4,8$

**Задача №9:** Скважина работает со следующими параметрами:

$$q_o = 80 \text{ м}^3/\text{сут}; \quad q_w = 0 \text{ м}^3/\text{сут}; \quad P_{wf} = 110 \text{ атм}$$

$$P_r = 200 \text{ атм}; \quad S = 0; \quad P_b = 100 \text{ атм}$$

Рассчитать коэффициент продуктивности, построить индикаторную кривую для данной скважины, используя поправку Вогеля.

#### Тема 4.

##### **Задача 1.**

Рассчитать предельную обводненность, при которой возможно фонтанирование для следующих условий: Глубина скважины  $L_c=1420$  м, давление насыщения  $P_{нас}=13,2$  МПа; газовый фактор  $\Gamma_o=123,8$  м<sup>3</sup>/т; плотность нефти пластовой  $\rho_{нп}=769$  кг/м<sup>3</sup> дегазированной  $\rho_{нд}=824$  кг/м<sup>3</sup>, плотность воды  $\rho_v=1165$  кг/м<sup>3</sup>. Скважина эксплуатируется с забойным давлением  $P_{заб} = 0,9P_{нас}$ ; давление на устье  $P_y=0,32$  МПа; диаметр подъемника  $d=0,062$  м.

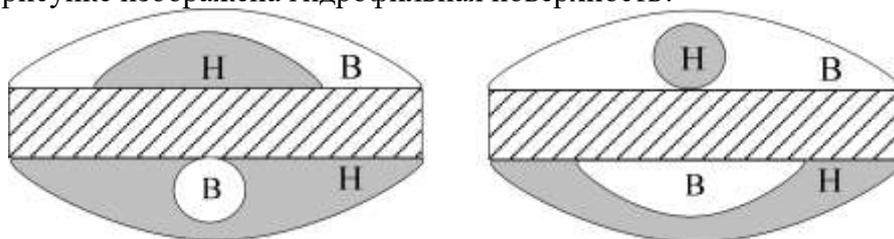
##### **Задача 2.**

Рассчитать минимальное забойное давление фонтанирования для следующих условий: глубина скважины  $L_c=1730$  м, внутренний диаметр НКТ  $d=0,0503$  м; давление насыщения  $P_{нас}=7,3$  МПа, давление на устье  $P_y=0,5$  МПа; газовый фактор  $\Gamma_o=80,2$  м<sup>3</sup>/т; плотность пластовой нефти  $\rho_{нп}=778$  кг/м<sup>3</sup>; плотность дегазированной нефти  $\rho_{нд}=825$  кг/м<sup>3</sup>. Скважина безводная. Забойное давление больше давления насыщения.

#### **Проверочные тесты по дисциплине**

1. В какой последовательности в соответствии с их свойствами залегают в пласте нефть, газ и пластовая вода, если двигаться от кровли к подошве пласта?
  - а) Нефть, газ, вода.
  - б) Вода, нефть, газ.
  - в) Газ, нефть, вода.
2. Гранулометрическим составом породы называется:
  - а) Распределение пор по их размерам.
  - б) Распределение частиц породы по их размерам.
  - в) Минералогический состав нефтесодержащих пород.
3. Отобразите графическую зависимость изменения вязкости от газа от давления и температуры.
4. Удельная поверхность горных пород – это:
  - а) Суммарная поверхность частиц (или поровых каналов), содержащихся в единице объема образца.
  - б) Суммарная поверхность частиц (или поровых каналов), содержащихся в единице объема пор.
  - в) Распределение частиц (или поровых каналов) по их размерам.
5. Коэффициент водонасыщенности – это:
  - а) Содержание воды в пластовых условиях на единицу площади породы.
  - б) Содержание воды в пластовых условиях на единицу объема породы.
  - в) Содержание воды в пластовых условиях на единицу объема пустот.

6. На каком рисунке изображена гидрофильная поверхность?



7. Каково практическое использование результатов анализа гранулометрического состава горных пород?

- Для подсчета запасов нефти и газа в пласте.
- Для подбора размеров отверстий (щелей) фильтра на забое скважин.
- Для оценки упругих свойств пласта.

8. Степень смачиваемости породы жидкостью определяется:

- Коэффициентом поверхностного натяжения.
- Коэффициентом теплового расширения жидкости.
- Краевым углом избирательного смачивания.

9. Что называется коэффициентом открытой пористости?

- Это отношение суммарного объема взаимосвязанных и невязанных пор, пустот к общему объему образца породы.
- Это отношение суммарного объема невязанных пор к общему объему образца породы.
- Это отношение суммарного объема только взаимосвязанных пор к общему объему образца породы.

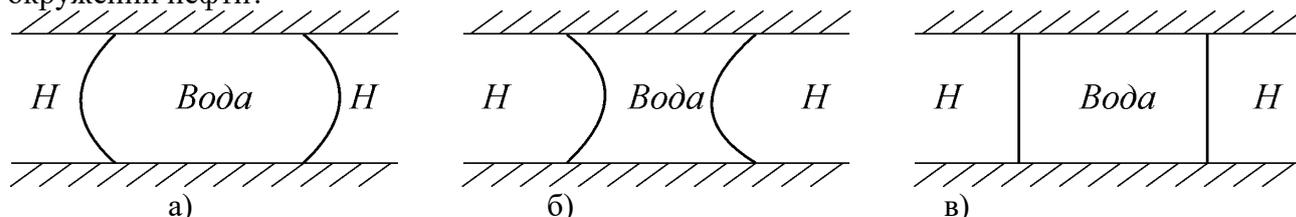
10. Что происходит в нефтесодержащем пласте при снижении пластового давления?

- Породы пласта упруго расширяются, а нефть, вода и газ упруго сжимаются.
- Породы пласта упруго сжимаются, а нефть, вода и газ упруго расширяются.
- Породы пласта, нефть, вода и газ упруго сжимаются.

11. Какие нижеприведенные соединения входят в состав карбонатных горных пород?

- $\text{Na}_2\text{CO}_3$
- $\text{SiO}_2$
- $\text{CaCO}_3$
- $\text{MgSO}_4$
- $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$

12. На каком рисунке изображен гидрофильный поровый канал, содержащий каплю воды в окружении нефти?



13. Для расчета производительности скважин (по формуле Дарси) значения объемного коэффициента ( $B_0$ ) и вязкости нефти ( $\mu_0$ ) можно (нужно) взять:

- каротажная диаграмма (ГИС)

- б) лабораторные исследования
- в) вычислить по корреляционным зависимостям
- г) гидродинамические исследования

14. При снижении пластового давления, объем породы пласта увеличивается, при этом:

- а) поровый объем увеличивается
- б) поровый объем уменьшается
- в) поровый объем не изменяется

15. Если пластовое давление выше давления насыщения:

- а) пласт недонасыщенный
- б) пласт насыщенный

16. С увеличением скин-фактора (S) от 0 до +10 (при сохранении прочих условий):

- а) дебит уменьшится примерно в 10 раз
- б) дебит уменьшится примерно в 2 раза
- в) дебит не изменится
- г) дебит увеличится примерно в 2 раза
- д) дебит увеличится примерно в 10 раз

17. Радиус скважины в уравнении Дарси ( $r_w$ ) равен:

- а) половине внутреннего диаметра эксплуатационной колонны
- б) радиусу дренирования
- в) половине диаметра долота
- г) внешнему диаметру эксплуатационной колонны

18. При расчете дебита поправка Вогеля применяется, когда:

- а)  $P_{\text{пластовое}} > P_{\text{насыщения}}$ ,  $P_{\text{забойное}} > P_{\text{насыщения}}$
- б)  $P_{\text{пластовое}} > P_{\text{насыщения}}$ ,  $P_{\text{забойное}} < P_{\text{насыщения}}$
- в)  $P_{\text{пластовое}} = P_{\text{насыщения}}$ ,  $P_{\text{забойное}} < P_{\text{насыщения}}$
- г)  $P_{\text{пластовое}} < P_{\text{насыщения}}$

19. Какая проницаемость используется в законе Дарси при расчете производительности скважин?

- а) абсолютная
- б) эффективная
- в) относительная

20. Вязкость нефти при увеличении содержания в ней воды до определенного значения:

- а) уменьшается, т.к. вязкость воды меньше вязкости нефти.
- б) увеличивается.
- в) остается не изменным.

21. Какая формула лежит в основе определения гранулометрического состава пород при седиментационном анализе?

а) 
$$\beta = \frac{1\Delta V_0}{V_0 \Delta P}$$

б) 
$$v = \frac{\pi d^2}{18\nu} \left( \frac{\rho_{\text{п}}}{\rho_{\text{ж}}} - 1 \right)$$

$$в) b = \frac{V_{н.пл}}{V_{н.пов}}$$

22. Скин-эффект, вызванный повреждением (загрязнением) призабойной зоны, может быть изменен путем проведения ОПЗ (например, с применением кислоты) в лучшем случае:

- а) до +10
- б) до +4,7
- в) до 0
- г) до -4,7
- д) до -10

23. Депрессия ( $\Delta P$ ) в формуле Дарси это:

- а) сумма забойного давления и давления насыщения
- б) разница между пластовым давлением и атмосферным давлением
- в) отношение пластового давления к забойному давлению
- г) разница между пластовым давлением и забойным давлением

24. Коэффициент извлечения нефти (КИН) равен:

- а) отношение текущей добычи нефти к геологическим запасам
- б) отношение накопленной добычи нефти к геологическим запасам
- в) отношение текущей добычи нефти к извлекаемым запасам

25. Какая проницаемость зависит от флюидонасыщения (степени насыщенности флюидов и их физико-химических свойств)?

- а) абсолютная
- б) эффективная
- в) относительная

26. Какая из этих аналитических выражений является законом Дарси?

$$а) v = \frac{1\Delta V_0}{V_0\Delta P}$$

$$б) v = \frac{\pi d^2}{18v} \left( \frac{\rho_{п}}{\rho_{ж}} - 1 \right)$$

$$в) v = \frac{k\Delta p}{\mu L}$$

27. Для расчета производительности скважин (по формуле Дарси) значение эффективной нефтенасыщенной мощности ( $h$ ) нужно взять:

- а) каротажная диаграмма
- б) лабораторные исследования
- в) вычислить по корреляционным зависимостям
- г) гидродинамические исследования

28. Глубже 1000 метров от поверхности земли трещина ГРП распространяется:

- а) вертикально (перпендикулярно поверхности земли)
- б) горизонтально (параллельно поверхности земли)
- в) диагонально

29. Что называется коэффициентом газонасыщенности?
- Количественное содержание газа при пластовых условиях на единицу объема породы.
  - Количественное содержание газа при пластовых условиях на единицу объема пор.
  - Количественное содержание газа на единицу площади породы.
30. Относительная проницаемость по нефти в условиях насыщенности связанной водой ( $K_{roSwir}$ ):
- $>10$
  - $>1$
  - $=1$
  - $<1$
31. Объемный коэффициент (фактор) это:
- отношение объема флюида в поверхностных условиях к объему в пластовых условиях
  - произведение объема флюида в пластовых условиях на объем в поверхностных условиях
  - отношение объема флюида в пластовых условиях к объему в поверхностных условиях
  - произведение объема флюида в поверхностных условиях на объем в пластовых условиях
32. По какой скважине дебит будет больше (при прочих равных условиях)?
- $Kh=25 \text{ мД*м}$ ,  $\mu_0=1 \text{ сПз}$
  - $Kh=70 \text{ мД*м}$ ,  $\mu_0=2 \text{ сПз}$
  - $Kh=150 \text{ мД*м}$ ,  $\mu_0=3 \text{ сПз}$
  - $Kh=300 \text{ мД*м}$ ,  $\mu_0=10 \text{ сПз}$
33. Каким будет скин-фактор после ГРП, если до проведения ГРП скин-фактор скважины был  $+10$ ? Длина и проводимость трещины обеспечивает скин-фактор  $-6$  после успешного проведения ГРП.
- $+10$
  - $+4$
  - $0$
  - $-6$
  - $-10$
34. Напишите формулу коэффициента вытеснения ( $K_{выт}$ ) используя связанную воду ( $S_{wir}$ ) и остаточную нефтенасыщенность ( $S_{or}$ ).
35. Рассчитайте геологические ( $N$ ) и извлекаемые ( $N_{изв}$ ) запасы нефти (единица измерения –  $\text{м}^3$ , в пластовых условиях) пятиточечного элемента разработки, расстояние между нагнетательными скважинами  $500 \text{ м}$ , мощность пласта  $10 \text{ м}$ , пористость  $0,20$ , начальная водонасыщенность  $0,3$ , КИН= $0,4$ .
36. Нарисуйте идеальную индикаторную кривую (прямолинейную по закону Дарси) для любой скважины. Отметьте оси и покажите точки пересечения кривой с ними. Нарисуйте на том же графике еще две индикаторные кривые: одну для поврежденной скважины (скин-фактор примерно  $+10$ ), другую для скважины после ГРП (скин-фактор примерно  $-4,5$ ).
37. Напишите уравнение материального баланса для коллектора с давлением выше давления насыщения, в пласт нет притока воды, из пласта добывается только нефть. Используйте переменные  $N_p$ ,  $N$ ,  $V_o$ ,  $V_w$ ,  $\Delta P$ ,  $C_e$ .

38. Нарисуйте график кривых относительной проницаемости (нефти и воды). Отметьте и назовите оси, покажите точки пересечения кривых с осями и назовите их (4 концевые) точки. На графике отобразите связанную воду ( $S_{wir}$ ) и остаточную нефтенасыщенность ( $S_{or}$ ).

39. Рассчитайте дебит скважины (псевдоустановившийся режим притока).  $Kh=110$  мД\*м,  $P_{пласт}=220$  атм,  $P_{заб}=50$  атм,  $P_{нас}=40$  атм,  $\mu_0=1$  сПз (вязкость нефти),  $B_0=1,2$  (объемный коэффициент нефти), расстояние между скважинами 1000 м,  $r_w=0,108$  м (радиус скважины),  $S=0$  (скин), % воды = 0.

40. Нарисуйте графики зависимости основных PVT свойств нефти (объемный коэффициент нефти  $B_o$ , плотность  $\rho_o$ , вязкость  $\mu_o$ ) от давления выше и ниже давления насыщения (для нелетучих нефтей).

### Примеры типовых работ, предлагаемых на лабораторных занятиях

#### Лабораторная работа №1.

Определение плотности нефти в нормальных условиях.

#### Лабораторная работа №2.

Определение плотности нефти при пластовых условиях.

#### Лабораторная работа №3.

Определения вязкости нефти в нормальных условиях.

#### Лабораторная работа №4.

Определение вязкости нефти при пластовых условиях.

#### Лабораторная работа №5.

Определение вязкости газов при нормальных условиях.

#### Лабораторная работа №6.

Определение пористости кернов по ГОСТу.

#### Лабораторная работа №7.

Определение абсолютной проницаемости керна по газу по ГОСТу.

#### Лабораторная работа №8.

Определение фазовых проницаемостей керна по ГОСТу.

### Участие в конференциях, публикация статей

#### 1. Публикация статей – 5 баллов

Критерии	Оценка (в баллах)	
Тип работы	Реферативная работа	0,1
	Работа носит исследовательский характер	0,3
	Работа является исследованием	0,6
Использование известных данных и научных фактов	Не использует никаких данных	0
	Автор использовал известные данные	0,4
	Использованы уникальные научные данные	0,6
Полнота цитируемой литературы, ссылка на ученых	Использован учебный материал	0,1
	Использованы специализированные издания	0,3
	Использованы интернет ресурсы	0,6
Актуальность работы	Изучение вопроса не является актуальным	0

	Представленная работа привлекает интерес своей актуальностью	0,4
	Работа содержит научный характер	0,6
Степень новизны полученных результатов	Работа не содержит ничего нового	0
	В работе доказан уже установленный факт	0,4
	В работе получены новые данные	0,6

## 2. Участие в конференции- 5 баллов

Творческий подход к отбору и структурированию материала	-	1 балл
Новизна и самостоятельность при постановке проблемы	-	1 балл
Выступление не является простым чтением с экрана	-	1 балл
В выступлении дополняются и раскрываются ключевые моменты, представленные на слайдах	-	1 балл
Во время выступления поддерживается зрительный контакт с аудиторией, речь отличается богатством интонаций	-	1 балл

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

#### Основная литература:

1. Бойко В. С. Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений. Учебник для вузов //Книга. – 2016.
2. Дейк Л.П. Основы разработки нефтяных и газовых месторождений. – М.: ООО «Премиум инжиниринг» 2009.
3. Зиннатуллин Р.Р. Физические основы разработки нефтегазовых месторождений.— Уфа : РИЦ БашГУ, 2009 .— 100 с.

#### Дополнительная литература

1. Зиннатуллин Р.Р. Методические указания к решению задач Физические основы разработки нефтегазовых месторождений - Уфа : РИЦ БашГУ, 2018.
2. Басниев К. С. и др. Подземная гидромеханика //ИН Кочина, ВМ Максимов.- 1993.–416 с. – 2017.

### 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. Электронно-библиотечная система «Электронный читальный зал»: <https://bashedu.bibliotech.ru/Account/LogOn>
2. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»: <http://www.biblioclub.ru/>

3. Электронно-библиотечная система издательства «Лань»: <http://e.lanbook.com/>
4. Электронно-библиотечная система «КнигаФонд»: <http://www.knigafund.ru/>
5. Учебно-методическая и профессиональная литература для студентов и преподавателей технических, естественно-научных и гуманитарных специальностей: <http://www.twirpx.com/>

**6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

<i>Вид занятий</i>	<i>Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий</i>	<i>Наименование оборудования, программного обеспечения</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
<p><b>1..Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа:</b> аудитория № 218 (физмат корпус-учебное)</p> <p><b>2. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа:</b> аудитория №110. Лаборатория физических основ разработки нефтегазовых месторождений (физматкорпус-учебное), аудитория № 218 (физмат корпус-учебное).</p> <p><b>3.Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций:</b> аудитория № 218 (физмат корпус-учебное).</p> <p><b>4. Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации:</b> аудитория № 218 (физмат корпус-учебное).</p> <p><b>5. Помещения для самостоятельной работы:</b> Читальный зал №1 (главный корпус, 1 этаж), Читальный зал №2 (корпус физмата, 2 этаж), аудитория № 406 компьютерный класс (физмат корпус-учебное).</p> <p><b>6. Помещения для хранения и ремонта оборудования:</b> аудитория: аудитория №605г (физмат корпус-учебное)</p>	<p align="center"><b>Аудитория № 218</b></p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, кондиционер (сплит-система) Haier HSU-24HEK203/R2- HSU-24HUN03/R2, экран настенный с электроприводом ClassicLyra 203x203 (E195x195/1 MW-L8/W), ноутбук HPMini 110-3609er Atom N455/2/250/WiFi/BT/Win7St/10.1"/1.29кг, проектор BenQ MX520 (9H.J6V77.13E/9H.J6V77.13F).</p> <p align="center"><b>Аудитория № 110</b></p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска классная, лазерный принтер XeroxPhaser, ноутбук 10.1" ASUS EeePC 1005PXD Black, персональный компьютер в комплекте №1 KlamaSoffice, монитор DELL 21,5, персональный компьютер в составе :с/б Core 2 Duo,монитор ЖК 24PHILIPS, планшет HuaweiMediaPadBrown, МФУ Kyocera M2030 принтер HP LaserJet 1200, принтер hpLaserJet, фотокамера NikonCoolpix S8100, веб-камера Logitech HD Wedcam, измеритель добротности BM-560, канальный вентилятор с креплением на стену KV 160, микрофонмультиметр APPA 105N., мультиметр FLUKE 106- 2 шт., насос NC325-40/180, насос ЭЦВ 6-6,5-60, прибор д/опред.коэффициента вязкости воздуха ФПТ-1-1, регистратор многокан.технологич.PMT59L/24/R включаеттермопары-термоэлектрич.преобразователи ТП-0188/1/ХК/-40...+600С/6,0м/07/ГП(24шт), пектрофотометр ЮНИКО-1200/1201, шкаф лабораторный ШЛ-06 МСК - 2 шт., , аппарат Сокслета 45/40 экс 250 мл.</p> <p align="center"><b>Читальный зал №1</b></p> <p>Научный и учебный фонд, научная периодика, ПК (моноблок) - 3 шт, Wi-Fi доступ для мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 76.</p> <p align="center"><b>Читальный зал №2</b></p> <p>Научный и учебный фонд, научная периодика, Wi-Fi доступ мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 50</p>	<p>1. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор № 104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные</p> <p>2. MicrosoftOfficeStandard 2013 Russian. Договор № 114 от 12.11.2014 г. Лицензии бессрочные</p>

	<p style="text-align: center;"><b>Аудитория №406</b></p> <p>Учебная мебель, доступ в интернет, Компьютер в составе Asus – 4 шт.; Кондиционер(сплит-система) Haier, МФУ Kyocera; Персональный компьютер в комплекте № 1 iRUCorp – 6 шт.</p> <p style="text-align: center;"><b>Аудитория №605г</b></p> <p>Станок токарный ТВ-16;Станок сверлильный НС-Ш;Осциллограф С1- 67;Паяльная аппаратура;Весы аналитические Labof;Весы лабораторные;Шкаф с наборомвспомогательного материала (резисторов, конденсаторов, предохранителей и т.д), Набор инструментов для ремонта оборудования.</p>	
--	---	--

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины Физические основы разработки нефтяных месторождений на 4 семестре  
(наименование дисциплины)

Очная

форма обучения

<b>Вид работы</b>	<b>Объем дисциплины</b>
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	2/72
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	37,7
лекций	12
практических/ семинарских	24
лабораторных	
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1,7
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	7,3
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	

Форма(ы) контроля:  
зачет4семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР			
1	2	3	4	5		7	8	9
	<b>Модуль 1</b>	<b>8</b>	<b>8</b>		<b>20</b>			
1.	Основные физические свойства пород – коллекторов и флюидов.	2	2		5	[1]. Глава 1. §.1 - 4. [2]Глава 1-2.	Д.Л.1. задача 1-3 стр.3-6,	Проверка решения задач
2.	Диаграмма фазовых состояний одно- и многокомпонентной системы. Диаграммы фазовых состояний двухфазной системы – «нефть-газ».	2	2		5	[1]. Глава 2. §.7. [3] Глава 3.	Д.Л.1. задача 4-5 стр.7-9,	Проверка решения задач
3.	Приток жидкости к перфорированной скважине. Модель скин-эффекта. Производительность скважины.	2	2		5	[3] Глава 5.	Д.Л.1. задача 8 стр.14	Проверка решения задач
4.	Индикаторная кривая. Коэффициент продуктивности. Поправка Вогеля.	2	2		5	[2] Глава 3-4.	Д.Л.1. задача 6,9 стр.9, 18	Проверка решения задач

	<b>Модуль 2</b>	<b>8</b>	<b>8</b>		<b>19,8</b>			
5.	Понятие системы и объекта разработки. Понятие о рациональности системе разработки. Порядок составления и утверждения проектных документов на ввод в разработку	2	2		5	[3] Глава 6.	Д.Л.1. задача 13 стр.18,	Проверка решения задач
6.	Расчет технологических показателей разработки месторождения с использованием модели непоршневого вытеснения нефти водой по методу Баклея-Леверетта.	2	2		5	[2] Глава 2.	Д.Л.1. вариант на выбор стр. 30	Проверка решения задач
7.	Коэффициент подвижности и движение отдельных фаз в многофазовом потоке. Метод Велджа.	2	2		5	[2] Глава 2.	Д.Л.1. тема 5 стр.31	Проверка решения задач
8.	Вывод уравнения материального баланса.	2	2		4,8	[1] Глава 3.	Д.Л.1. задача 7 стр.10	Проверка решения задач
	<b>Всего часов:</b>	<b>16</b>	<b>16</b>		<b>39,8</b>			

