

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

**«Ухтинский государственный технический университет»  
(УГТУ)**

## **ФИЗИКА ПЛАСТА ДЛЯ БАКАЛАВРОВ**

Методические указания

Ухта, УГТУ, 2013

УДК [622.276.5+622.279](075.8)

ББК 33,36я7

В 75

**Воронина, Н. В.**

В 75           Физика пласта [Текст] : метод. указания / Н. В. Воронина. – Ухта : УГТУ, 2013. – 8 с.

Методические указания предназначены для выполнения контрольной работы по дисциплине «Физика пласта» студентами-бакалаврами по направлению 131000 «Нефтегазовое дело» по профилям подготовки: Бурение нефтяных и газовых скважин; Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти; Эксплуатация и обслуживание объектов добычи газа, газоконденсата и подземных хранилищ; Сооружений и ремонт газонефтепроводов и газонефтехранилищ; Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранение нефти, газа и продуктов переработки; Эксплуатация и обслуживание объектов нефтегазового комплекса арктического шельфа.

Методические указания содержат рабочую программу, теоретические и практические вопросы, задачи.

**УДК [622.276.5+622.279](075.8)**

**ББК 33,36я7**

Методические указания рассмотрены, одобрены и рекомендованы для издания выпускающей кафедрой «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений и подземная гидромеханика» (протокол № 1 от 04.09.2013).

Рецензент: А. Н. Рочев, доцент кафедры РЭНГМ и ПГ УГТУ, к.т.н.

Редактор: О. А. Миклина, доцент кафедры РЭНГМ и ПГ УГТУ.

Корректор: К. В. Коптяева.

Технический редактор: Л. П. Коровкина.

В методических указаниях учтены замечания рецензента и редактора.

План 2013 г., позиция 124.

Подписано в печать 30.09.2013. Компьютерный набор.

Объем 8 с. Тираж 100 экз. Заказ №278.

© Ухтинский государственный технический университет, 2013

169300, Республика Коми, г. Ухта, ул. Первомайская, д. 13.

Типография УГТУ.

169300, Республика Коми, г. Ухта, ул. Октябрьская, д. 13.

## ВВЕДЕНИЕ

На заочном виде обучения в соответствии с федеральным государственным стандартом третьего поколения дисциплина «Физика пласта» изучается студентами-бакалаврами всех профилей направления 131000 «Нефтегазовое дело».

Изучение этой дисциплины состоит из самостоятельной работы студентов с учебниками, учебными пособиями и методическими указаниями с целью выполнения одной контрольной работы и подготовки к лекционным и лабораторным занятиям в аудиториях кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений и подземной гидромеханики» (РЭНГМ и ПГ).

Формами контроля знаний студента по дисциплине являются:

- защита выполненной контрольной работы;
- выполнение лабораторных работ;
- сдача зачета.

Контрольная работа состоит из теоретического и практического вопроса и трех задач. Номер каждого вопроса и вариант каждой задачи выбирается по последней цифре зачетной книжки.

Контрольные работы следует сдавать лично или выслать по почте на кафедру до начала экзаменационной сессии.

При выполнении контрольной работы следует пользоваться Международной системой единиц (международное сокращенное название – System International – аббревиатура SI, в русской транскрипции – система интернациональная – аббревиатура СИ).

В четвертом разделе данных методических указаний приведена рабочая программа дисциплины «Физика пласта».

## ЗАДАНИЕ ПЕРВОЕ – ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

1. Классификация горных пород по происхождению. Дать определение что такое порода-коллектор. Типы пород-коллекторов нефти и газа, их характеристика. Распределение запасов углеводородов по породам коллекторам.
2. Пористость (пустотность) горных пород. Формы пустот. Виды пористости, коэффициенты пористости. Характерные поперечные размеры капиллярных каналов и других пустот. Реальные значения коэффициентов пористости пород разрабатываемых залежей (месторождений).
3. Проницаемость горных пород. Виды проницаемости. Закон Дарси (определение, формулы). Единицы измерения коэффициента абсолютной проницаемости. Реальные значения коэффициента абсолютной проницаемости пород разрабатываемых залежей (месторождений).
4. Удельная поверхность горных пород (определение, формулы). Фиктивный грунт. Идеальный грунт. Формулы для расчета величины удельной поверхности.
5. Гранулометрический состав горных пород. Ситовой анализ гранулометрического состава. Седиментационный анализ гранулометрического состава. Закон Стокса (формула). Условия применимости закона Стокса для определения гранулометрического состава горных пород. Степень (коэффициент) неоднородности зерен породы.
6. Классификация залежей нефти и газа в зависимости от условий залегания. Элементарный и групповой составы нефти. Асфальто-смолистые вещества нефти. Парафины нефти. Состав и классификация природных газов.
7. Плотность нефти. Плотность конденсата. Плотность газа. Плотность пластовой воды. Единицы измерения плотности. Сжимаемость нефти. Объемный коэффициент нефти. Зависимость плотности пластовой нефти от давления (график).
8. Вязкость нефти. Вязкость конденсата. Вязкость газа. Вязкость пластовой воды. Вязкостный закон Ньютона. Единицы измерения коэффициента динамической вязкости. Зависимость коэффициента динамической вязкости ньютоновской нефти от температуры (график).
9. Растворимость газов в нефти и в воде. Закон Генри. Давление насыщения нефти газом. Упругость насыщенных паров. Попутный (нефтяной) газ.
10. Состав природного газа. Уравнение состояния Клапейрона-Менделеева. Основные уравнения состояния реальных газов. Коэффициент сверхсжимаемости.

## ЗАДАНИЕ ВТОРОЕ – ПРАКТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

1. Лабораторные методы определения коэффициента абсолютной проницаемости по газу. Описание, формулы расчета, единицы измерения.
2. Лабораторные методы определения карбонатности пород. Аппарат АК-4. Формула расчета. Что понимается под карбонатностью породы, единицы измерения.
3. Лабораторные методы определения остаточной воды в кернах. Описание аппарата Дина и Старка. Метод центрифугирования.
4. Методы измерения углов смачивания. Описание методов.
5. Методы определения удельной поверхности горных пород. Описание, формулы расчета, единицы измерения, понятие верхней и нижней границ верхней поверхности.
6. Лабораторные методы определения плотности пород. Описание, формулы расчета, единицы измерения.
7. Лабораторные методы определения коэффициента полной пористости. Описание, формулы расчета, единицы измерения.
8. Определение гранулометрического состава сцементированных пород. Методы, описание.
9. Лабораторные методы определения коэффициента открытой пористости, описание. Что понимается под коэффициентом открытой пористости, единицы измерения.
10. Лабораторные методы определения проницаемости пород. Описание, формулы расчета единицы измерения.

## ЗАДАНИЕ ТРЕТЬЕ – ЗАДАЧИ

### 3.1 Задача на определение плотности природного газа

Рассчитать плотность природного газа ( $\rho_g$ ) по его составу (таблица 1). Найти относительную плотность данной смеси индивидуальных газов по воздуху.

Таблица 1 – Состав газа для определения плотности (по вариантам)

Параметры	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>объёмная (мольная) доля, %</b>										
$\text{CH}_4$	21,0	22,0	21,0	23,0	22,1	18,2	17,6	18,0	19,0	20,0
$\text{C}_2\text{H}_6$	10,2	9,8	11,2	10,2	13,0	12,2	18,1	19,2	11,2	12,0
$\text{C}_3\text{H}_8$	38,7	38,0	36,0	34,0	35,0	29,0	30,0	36,0	32,0	36,0
$\text{C}_4\text{H}_{10}$	2,7	2,3	5,4	5,7	3,3	15,8	6,7	1,4	11,0	3,0
$\text{C}_4\text{H}_{10}$	12,0	11,0	10,0	12,0	11,0	10,0	12,0	11,0	10,0	12,0
$\text{C}_{5+\text{в}}$	8,2	8,6	8,3	7,9	7,8	7,2	8,6	8,2	8,6	9,0
$\text{N}_2$	7,2	8,3	8,1	7,2	7,8	7,6	7,0	6,2	8,2	8,0

### 3.2 Задача на определение коэффициента сверхсжимаемости газа

Найти коэффициент сверхсжимаемости природного газа:

- графическим методом – по двум приведенным параметрам;
- аналитическим методом – по уравнению Бенедикта-Вебба-Рубина.

Исходные данные приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Состав газа (по вариантам)

Параметры	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>объемная (мольная) доля, %</b>										
CH <sub>4</sub>	21,0	22,0	21,0	23,0	22,1	18,2	17,6	18,0	19,0	36,0
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	10,2	9,8	11,2	10,2	13,0	12,2	18,1	19,2	11,2	12,0
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	38,7	38,0	36,0	34,0	35,0	29,0	30,0	36,0	32,0	20,0
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	2,7	2,3	5,4	5,7	3,3	15,8	6,7	1,4	11,0	3,0
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	12,0	11,0	10,0	12,0	11,0	10,0	12,0	11,0	10,0	12,0
C <sub>5+в</sub>	8,2	8,6	8,3	7,9	7,8	7,2	8,6	8,2	8,6	9,0
N <sub>2</sub>	7,2	8,3	8,1	7,2	7,8	7,6	7,0	6,2	8,2	8,0
<b>условия, при которых газ находится</b>										
T, °C	65	60	39	70	48	80	50	60	70	60
P, МПа	12	10	8	32	7	12	31	25	30	10

### 3.3 Задача на определение карбонатности породы

Определить карбонатность пород при действии соляной кислоты. Исходные данные приведены в таблице 3. Пересчет миллиметров CO<sub>2</sub> в миллиграммы в таблице 4.

Таблица 3

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Количество породы, г	11,5	14,5	13	15	13,5	12	10,5	19	17,5	18
Количество выделившегося углекислого газа (CO <sub>2</sub> ), см <sup>3</sup>	48	71	83	87	80	78	58	93	81	52
Температура в момент определения CO <sub>2</sub> , °C	12	21	15	28	17	13	14	28	23	18
Барометрическое давление (P), мм рт. ст.	742	746	744	754	760	765	757	755	750	748

Таблица 4 – Пересчет миллиметров CO<sub>2</sub> в миллиграммы

	<b>742</b>	<b>744,5</b>	<b>747</b>	<b>749</b>	<b>751</b>	<b>753,1</b>	<b>756</b>	<b>758</b>	<b>760</b>	<b>762,5</b>	<b>765</b>	<b>767</b>	<b>769</b>	<b>771</b>
<b>28</b>	1,778	1,784	1,792	1,797	1,804	1,810	1,817	1,823	1,828	1,833	1,837	1,842	1,847	1,852
<b>27</b>	1,784	1,790	1,797	1,803	1,810	1,816	1,823	1,829	1,834	1,839	1,843	1,848	1,853	1,858
<b>26</b>	1,791	1,797	1,803	1,809	1,816	1,822	1,829	1,835	1,840	1,845	1,849	1,854	1,859	1,864
<b>25</b>	1,797	1,803	1,810	1,816	1,823	1,829	1,836	1,842	1,847	1,852	1,856	1,861	1,866	1,871
<b>24</b>	1,803	1,809	1,816	1,822	1,829	1,835	1,842	1,848	1,853	1,858	1,862	1,867	1,872	1,877
<b>23</b>	1,809	1,815	1,822	1,828	1,835	1,841	1,848	1,854	1,859	1,864	1,868	1,873	1,878	1,883
<b>22</b>	1,815	1,821	1,828	1,834	1,841	1,847	1,854	1,860	1,865	1,870	1,875	1,880	1,885	1,890
<b>21</b>	1,822	1,828	1,835	1,841	1,848	1,854	1,861	1,867	1,872	1,877	1,882	1,887	1,892	1,897
<b>20</b>	1,828	1,834	1,841	1,847	1,854	1,860	1,867	1,873	1,878	1,883	1,888	1,893	1,898	1,903
<b>19</b>	1,834	1,840	1,847	1,853	1,860	1,866	1,873	1,879	1,884	1,889	1,894	1,899	1,904	1,909
<b>18</b>	1,840	1,846	1,853	1,859	1,866	1,872	1,879	1,885	1,890	1,895	1,900	1,905	1,910	1,915
<b>17</b>	1,846	1,853	1,860	1,866	1,873	1,879	1,886	1,892	1,897	1,902	1,907	1,912	1,917	1,922
<b>16</b>	1,853	1,860	1,866	1,873	1,879	1,886	1,892	1,898	1,903	1,908	1,913	1,918	1,923	1,928
<b>15</b>	1,859	1,866	1,872	1,879	1,885	1,892	1,898	1,905	1,910	1,915	1,920	1,925	1,930	1,935
<b>14</b>	1,865	1,872	1,878	1,885	1,892	1,899	1,905	1,912	1,917	1,922	1,927	1,932	1,937	1,942
<b>13</b>	1,872	1,878	1,885	1,892	1,899	1,906	1,913	1,919	1,924	1,929	1,934	1,939	1,944	1,949
<b>12</b>	1,878	1,885	1,892	1,899	1,906	1,912	1,919	1,925	1,930	1,935	1,940	1,945	1,950	1,955
<b>11</b>	1,885	1,892	1,899	1,906	1,913	1,919	1,926	1,932	1,937	1,942	1,947	1,952	1,957	1,962
<b>10</b>	1,892	1,899	1,906	1,913	1,920	1,926	1,933	1,939	1,944	1,949	1,954	1,959	1,964	1,969

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Лекционные занятия

Наименование разделов	Основное содержание разделов	Количество аудиторных часов по дневному виду обучения
1. Общие сведения о дисциплине	Предмет дисциплины. Физика пласта как основа нефтегазового образования	1
2. Физические свойства горных пород-коллекторов нефти и газа	Типы пород-коллекторов; гранулометрический (механический) состав пород; пористость, проницаемость горных пород, зависимость проницаемости от пористости и размера пор; удельная поверхность; неоднородность коллекторских свойств пород, коллекторские свойства трещиноватых пород	4
3. Физико-механические и тепловые свойства горных пород	Напряженное состояние пород в условиях залегания в массиве, в районе горных выработок, деформационные и прочностные свойства горных пород; упругие изменения свойств коллекторов, влияние давления на коллекторские свойства пород, тепловые свойства горных пород	4
4. Состав и физические свойства природного газа и нефти	Состав и классификация нефтей, природных газов, газовые смеси, жидкие смеси; коэффициент сверхсжимаемости, плотность, вязкость газа, растворимость газов в нефти, давление насыщения нефти газом; сжимаемость нефти, объемный коэффициент, плотность, вязкость пластовой нефти	5
5. Пластовые воды и их физические свойства	Состояние остаточной (связанной) воды в нефтяных и газовых коллекторах; состояние переходных зон нефть-вода, нефть-газ, вода-газ; физические свойства пластовых вод	3
Всего:		17

## Лабораторные занятия

Тема занятий	Количество аудиторных часов по дневному виду обучения
Определение пористости, проницаемости, карбонатности и плотности горных пород	8
Глубинные пробоотборники	2
Определение коэффициентов водонефтегазонасыщенности горной породы на аппарате Закса	
Всего:	17

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гиматудинов, Ш. К. Физика нефтяного и газового пласта : учеб. для вузов / Ш. К. Гиматудинов, А. И. Ширковский. – 4-е изд., стереотипное. – М. : Недра, 2005. – 311 с.
2. Дунюшкин, И. И. Сбор и подготовка скважинной продукции нефтяных месторождений : учеб. пособие / И. И. Дунюшкин. – М. : ФГУП Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2006. – 320 с.
3. Инструкция по комплексному исследованию газовых и газоконденсатных скважин / под общ. ред. Г. А. Зотова, З. С. Алиева. – М. : Недра, 1980. – 301 с.
4. Мирзаджанзаде, А. Х. Физика нефтяного и газового пласта : учеб. для вузов / А. Х. Мирзаджанзаде, И. М. Аметов, А. Г. Ковалёв. – М. : Недра, 1992. – 270 с.
5. Мордвинов, А. А. Лабораторно-экспериментальные и практические методы исследования нефтегазопромысловых процессов : учеб. пособие / А. А. Мордвинов, Н. В. Воронина, Э. И. Каракчиев. – Ухта : УГТУ, 2001. – 114 с.
6. Михайлов, Н. Н. Физика нефтяного и газового пласта. Т. 1 : учеб. пособие / Н. Н. Михайлов. – М. : МАКС Пресс, 2008. – 448 с.