

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

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

**Оценка притока нефти  
в гидродинамически совершенную скважину**

Методические указания

Ухта, УГТУ, 2016

УДК 622.276.2 (075.8)

ББК 33.361 - 113 я7

М 59

**Миклина, О. А.**

М 59 Оценка притока нефти в гидродинамически совершенную скважину [Текст] : метод. указания / О. А. Миклина, А. А. Мордвинов. – Ухта : УГТУ, 2016. – 22 с.

Методические указания предназначены для практических занятий по дисциплине «Скважинная добыча нефти» (1 часть) домашней и самостоятельной работы по теме «Формула притока нефти к забою скважины» для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Нефтегазовое дело». Материалы задач предназначены также для студентов различных направлений подготовки, изучающие вопросы эксплуатации нефтяных скважин.

Содержание методических указаний, контрольных вопросов и заданий в тестовой форме соответствуют рабочей программе дисциплины «Скважинная добыча нефти».

**УДК 622.276.2 (075.8)**

**ББК 33.361 - 113 я7**

Методические указания рассмотрены, одобрены и рекомендованы на заседании выпускающей кафедры РЭНГМиПГ (протокол № 6 от 02.02.2016 г.).

Рецензент: Н. В. Воронина, доцент кафедры РЭНГМиПГ.

Редактор: О. М. Корохонько, старший преподаватель кафедры РЭНГМиПГ.

Технический редактор: Л. П. Коровкина.

В методических указаниях учтены предложения рецензента и редактора.

Методические указания изданы в авторской редакции с минимальными правками.

План 2016 г., позиция 010.

Подписано в печать 31.03.2016. Компьютерный набор.

Объем 22 с. Тираж 100 экз. Заказ № 304.

© Ухтинский государственный технический университет, 2016

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

Типография УГТУ.

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

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1 ВЫВОД ФОРМУЛЫ ПРИТОКА НЕФТИ В СКВАЖИНУ .....	5
2 ЗАДАЧИ .....	9
2.1 Условие задачи № 2.1, исходные данные .....	9
2.2 Условие задачи № 2.2, исходные данные .....	10
2.3 Условие задачи № 2.3, исходные данные .....	10
3 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ .....	11
4 ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ В ТЕСТОВОЙ ФОРМЕ .....	12
5 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	19
ПРИЛОЖЕНИЕ «Глоссарий» .....	21

## ВВЕДЕНИЕ

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Нефтегазовое дело» (НГД), при изучении дисциплины «Скважинная добыча нефти». Дисциплина «Скважинная добыча нефти» относится к основным дисциплинам вариантной части цикла рабочего учебного плана профиля подготовки «Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти». Задачей изучения дисциплины является формирование у студентов знаний и умений по инженерным методам расчётов и инженерному подходу к подготовке, обслуживанию и эксплуатации нефтяных скважин.

Выпускник, освоивший программу бакалавриата по направлению подготовки НГД, в своей профессиональной деятельности должен решать профессиональные задачи, связанные с эксплуатацией нефтяных скважин, и обладать способностью осуществлять обработку и анализ информации по обслуживанию скважин. Важнейшей информацией о работе скважины также является дебит скважины (расход), значение которого используется для решения различных производственных задач.

Целями практического занятия являются:

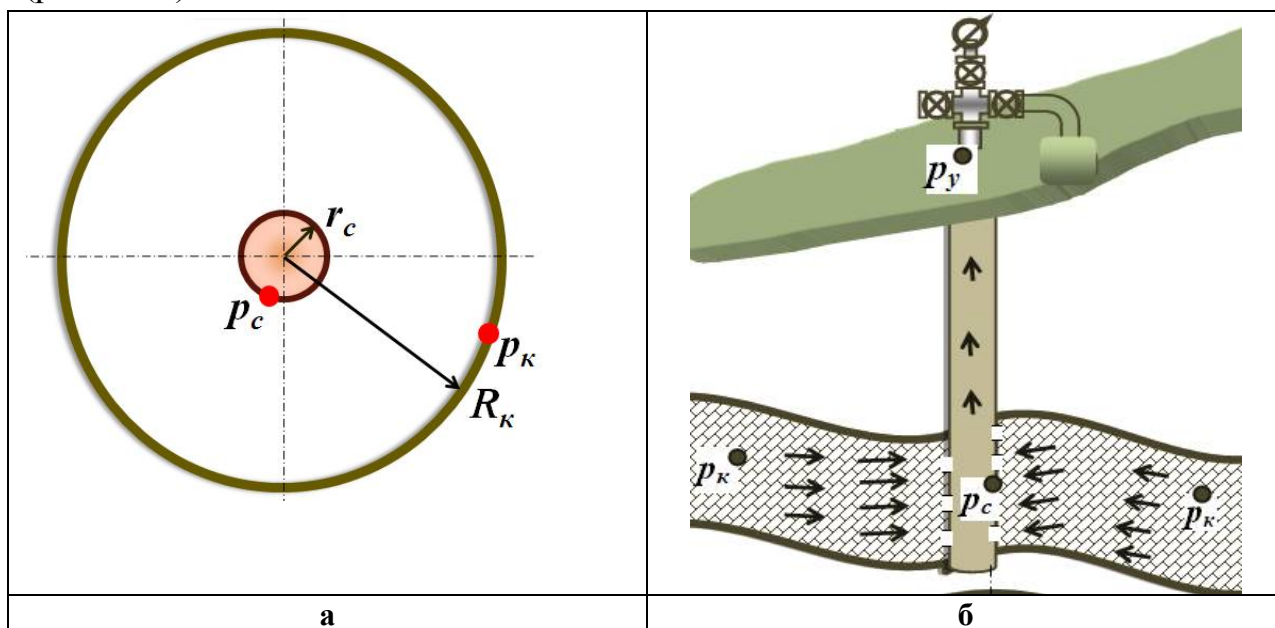
- самостоятельно научиться выводить и анализировать формулу притока для нефтяной скважины,
- самостоятельно научиться решать задачи по определению массового и объёмного расхода нефти.

Настоящие методические указания состоят из 5 разделов. Первый раздел посвящён выводу формулы притока нефти в скважину, во втором разделе даются условия задач с исходными данными. Для подготовки студентов к промежуточному контролю в третьем разделе представлен список контрольных заданий и вопросов, а в четвёртом разделе приведены примеры заданий в тестовой форме. Список рекомендуемой литературы пятого раздела окажут студенту помощь в подготовке к промежуточному и экзаменационному контролю знаний. Завершаются методические указания кратким глоссарием, приведённым в приложении.

Самостоятельно правильно выполненные задачи, верные ответы на контрольные вопросы и тестовые задания позволит студенту успешно пройти промежуточный контроль по дисциплине и приобрести знания по правильному определению дебита скважины, которые ему понадобятся для изучения профессиональных дисциплин.

## 1 ВЫВОД ФОРМУЛЫ ПРИТОКА НЕФТИ В СКВАЖИНУ

Рассмотрим рисунок 1.1а, на котором показана скважина с радиусом по долоту  $r_c$  и давлением на стенке скважины  $p_c$ . Вокруг скважины можно условно нарисовать круг – *контур питания*, который имеет радиус  $R_k$ . Приток жидкости к забою скважины происходит вдоль продуктивного пласта от контура питания до стенки скважины (рис. 1.1а), а далее по стволу скважины от забоя до устья (рис. 1.1б).



$R_k$  – радиус контура питания;  $r_c$  – радиус скважины по долоту;  
 $p_c$  – давление на стенке скважины напротив продуктивного пласта;  
 $p_k$  – давление на контуре питания;  $p_{пл}$  – пластовое давление;  
 $p_{заб}$  – забойное давление  $p_y$  – давление на устье скважины

Рисунок 1.1 – Схема добывающей скважины, расположенной в центре кругового пласта

Выведем формулу, по которой можно рассчитать количество жидкости, притекающей к забою нефтяной гидродинамически совершенной скважины за заданный период времени.

Известно, что скорость фильтрации жидкости определяется по формуле:

$$v = \frac{Q}{S}, \quad (1.1)$$

где  $Q$  – дебит (расход) жидкости, м<sup>3</sup>/с;

$S$  – площадь сечения геометрической фигуры, через которую осуществляется фильтрация жидкости, м<sup>2</sup>.

Для плоско-радиального и радиальносферического притоков скорость потока жидкости, согласно закону Дарси, в дифференциальном виде будет иметь следующий вид:

$$\vec{v} = -k \cdot \frac{1}{\mu} \cdot \frac{dp}{dr}, \quad (1.2)$$

где  $k$  – коэффициент эффективной проницаемости пористой среды,  $\text{м}^2$ ;

$\frac{dp}{dr}$  – градиент давления,  $\text{Па/м}$ ;

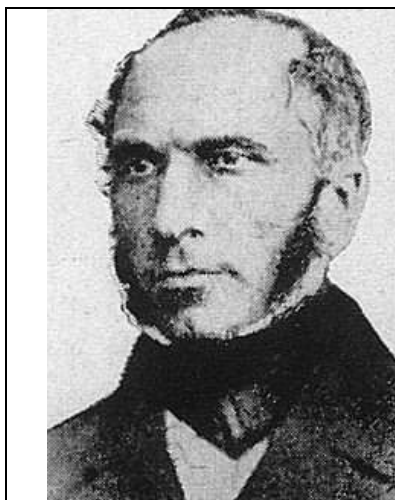
$\mu$  – вязкость жидкости,  $\text{Па}\cdot\text{с}$ .

Знак «минус» в (1.2) означает, что давление в направлении движения жидкости уменьшается.

В СИ за единицу проницаемости, равной  $1 \text{ м}^2$ , понимается проницаемость пористой среды образца площадью  $1 \text{ м}^2$  и длиной  $1 \text{ м}$ , при фильтрации через который при перепаде давления в  $1 \text{ Па}$ , расход жидкости вязкостью  $1 \text{ Па}\cdot\text{с}$  составляет  $1 \text{ м}^3/\text{с}$ . Коэффициент проницаемости в  $1 \text{ м}^2$  – это очень большая проницаемость.

На практике нередко пользуются единицей измерения проницаемости, называемой дарси (Д). Один дарси – это проницаемость пористой среды образца площадью в  $1 \text{ см}^2$  и длиной в  $1 \text{ см}$ , при фильтрации через который при перепаде давления в  $1 \text{ атм. (} 101325 \text{ Па)}$  расход жидкости вязкостью  $1 \text{ мПа}\cdot\text{с}$  составляет  $1 \text{ см}^3/\text{с}$ .

Выражение (1.2) – есть линейный закон фильтрации (закон Дарси), в соответствии с которым зависимость между вектором скорости и градиентом давления линейная.



А. Дарси французский инженер-гидравлик. Обосновал закон (1856), связывающий скорость фильтрации жидкости в пористой среде с градиентом давления.

Под руководством А. Дарси в г. Дижон (Франция) была создана первая в Европе система городских очистных сооружений с различными фильтрационными засыпками.

Анри Филибер Гаспар Дарси (10.06.1803–02.01.1858 гг.)

Формулу (1.2) принято считать линейным законом Дарси, в котором вводится понятие проницаемости, согласно которому скорость фильтрации нефти (жидкости) в продуктивном пласте пропорциональна градиенту давления, коэффициенту проницаемости и обратно пропорциональна коэффициенту динамической вязкости. Опустим знак минус в формуле (1.2) и получим:

$$v = k \cdot \frac{1}{\mu} \cdot \frac{dp}{dr}. \quad (1.3)$$

Формулу притока нефти (жидкости) к забою скважины, которая находится в центре кругового пласта, начнём с формулы (1.1), из которой выразим  $Q$ :

$$Q = v \cdot S = \frac{k}{\mu} \cdot \frac{dp}{dr} \cdot S. \quad (1.4)$$

В формуле (1.4)  $S$  – есть площадь, через которую происходит приток жидкости к скважине. Приток жидкости из продуктивного пласта к забою скважины осуществляется через боковую поверхность части скважины – напротив продуктивного пласта представляет собой **цилиндр** с радиусом скважины ( $r_c$ ), поэтому формула для определения площади будет иметь вид  $S = 2\pi \cdot r \cdot h$ .

Подставив формулу площади, получаем следующее выражение:

$$Q = \frac{k}{\mu} \cdot \frac{dp}{dr} \cdot S = \frac{k}{\mu} \cdot 2\pi \cdot h \cdot r \cdot \frac{dp}{dr} = \frac{2\pi \cdot h \cdot k}{\mu} \cdot r \cdot \frac{dp}{dr}. \quad (1.5)$$

Разделив переменные, приходим к следующему выражению:

$$Q \cdot \frac{dr}{r} = \frac{2\pi \cdot h \cdot k}{\mu} \cdot dp. \quad (1.6)$$

Имеем простейшее дифференциальное уравнение первого порядка. Это уравнение решается путём интегрирования.

$$Q \cdot \int_{r_c}^{R_k} \frac{dr}{r} = \frac{2\pi \cdot h \cdot k}{\mu} \cdot \int_{p_c}^{p_k} dp. \quad (1.7)$$

После интегрирования получаем:

$$Q \cdot (\ln(R_k) - \ln(r_c)) = \frac{2\pi \cdot h \cdot k}{\mu} \cdot (p_k - p_c). \quad (1.8)$$

Решая относительно  $Q$ , получим классическую формулу для определения притока к центральной скважине в круговом однородном пласте или объёмного расхода (дебита) нефтяной скважины в пластовых условиях:

$$Q = \frac{2\pi \cdot k \cdot h}{\mu \cdot (\ln \frac{R_k}{r_c})} (p_k - p_c) = \frac{2\pi \cdot k \cdot h}{\mu} \cdot \frac{(p_k - p_c)}{(\ln \frac{R_k}{r_c})}, \quad (1.9)$$

где  $k$  – коэффициент эффективной проницаемости пласта (проницаемость пласта),  $m^2$ ;

$h$  – эффективная толщина пласта, м;

$p_k$  – давление на контуре питания, Па;

$p_c$  – давление на стенке скважины напротив продуктивного пласта, Па;

$\mu$  – коэффициент динамической вязкости флюида в пластовых условиях, Па·с;

$R_k$  – радиус дренирования (радиус контура питания скважины), м;

$r_c$  – радиус скважины по долоту, м.

Известно, что приток жидкости к забою скважины происходит за счёт перепада давления между пластовым давлением ( $p_{пл}$ ) и забойным давлением ( $p_{заб}$ ).

Пластовое давление – это давление на контуре питания, а забойное давление – это давление на стенке скважины, т. е.

$$\Delta p = p_k - p_c, \quad (1.10)$$

где  $\Delta p$  – депрессия.

Поэтому формулу (1.9) можно записать в виде:

$$Q = \frac{2\pi \cdot k \cdot h}{\mu} \cdot \frac{\Delta p}{\left(\ln \frac{R_k}{r_c}\right)}. \quad (1.11)$$

Размерность полученного расхода по формуле (1.11) – м<sup>3</sup>/с.

Формула Дюпюи – это формула установившегося плоско-радиального притока несжимаемой жидкости в гидродинамически совершенную скважину.

Формула (1.11) называется формулой Дюпюи, по которой определяется значение объёмного расхода ( $Q_o$ ) нефти (жидкости). В решении ряда технологических задач есть необходимость знания массового расхода ( $Q_m$ ), для чего необходимо объёмный расход умножить на плотность нефти:

$$Q_m = Q_o \cdot \rho. \quad (1.12)$$

Если расход нефти (жидкости), рассчитанный по формуле (1.11) и формуле (1.12) поделить на объёмный коэффициент нефти, можно получить значение объёмного и массового расхода в поверхностных условиях.

$$Q_{o \text{ пов.усл}} = \frac{Q_o}{b_n} \text{ или } Q_{m \text{ пов.усл}} = \frac{Q_m}{b_n}. \quad (1.13)$$

Более подробно процесс вывода формулы Дюпюи можно изучить в [9, 10].



Родился в Италии во времена правления Наполеона Бонапарта. Вместе с семьёй в возрасте десяти лет эмигрировал во Францию. По окончании обучения в Версальской гимназии выиграл приз по физике. Продолжил обучение в Политехнической школе на инженера-строителя. За свою работу во французской системе дорог в 1843-м получил орден Почётного легиона. Ж. Дюпюи также занимался вопросами, связанными с наводнением в Париже (1848 г.), и руководил строительством парижской канализационной системы.

Жюль Дюпюи (18.05.1804–05.09.1866 гг.)



## 2 ЗАДАЧИ

## 2.1 Условие задачи № 2.1, исходные данные

**Задача № 2.1:** Определить дебит гидродинамически совершенной нефтяной скважины. Известны значения толщины ( $h$ ) и проницаемости ( $k$ ) продуктивного пласта. К забою добывающей скважины двигается нефть вязкостью  $\mu$ . Расстояние между забоями добывающих скважин составляет значение  $L$ , текущее пластовое давление равняется  $p_k$ . Эксплуатироваться скважина будет с давлением на забое, равным  $p_c$  (табл. 2.1). Радиус скважины по долоту – 0,1 м.

Таблица 2.1 – Исходные данные к решению задачи № 2.1

Обозначение параметра	Размерность параметра	Номер варианта				
		1	2	3	4	5
$h$	м	8	11	21	14	15,5
$k$	м <sup>2</sup>	$15 \cdot 10^{-12}$	$0,5 \cdot 10^{-12}$	$0,5 \cdot 10^{-13}$	$0,4 \cdot 10^{-13}$	$1,1 \cdot 10^{-14}$
$\mu$	МПа·с	8,5	6,25	7,22	3,25	4,25
$L$	м	980	1800	1250	1886	1652
$p_k$	МПа	25	21	32	18	17
$p_c$	МПа	8	7	12	8	7
Обозначение параметра	Размерность параметра	Номер варианта				
		6	7	8	9	10
$h$	м	17,1	32,1	14,2	28,1	19,4
$k$	м <sup>2</sup>	$2,5 \cdot 10^{-13}$	$0,14 \cdot 10^{-13}$	$1,8 \cdot 10^{-14}$	$1,1 \cdot 10^{-13}$	$15 \cdot 10^{-12}$
$\mu$	МПа·с	1,22	2,67	2,89	3,48	4,67
$L$	м	1567	985,1	1234	1350	1498
$p_k$	МПа	23,5	15,8	19,3	18,9	24,1
$p_c$	МПа	12	7,5	11,1	9,2	9,9
Обозначение параметра	Размерность параметра	Номер варианта				
		11	12	13	14	15
$h$	м	8	9	10	11	12
$k$	м <sup>2</sup>	$0,18 \cdot 10^{-12}$	$0,12 \cdot 10^{-13}$	$0,16 \cdot 10^{-12}$	$0,20 \cdot 10^{-13}$	$0,10 \cdot 10^{-12}$
$\mu$	МПа·с	6	5	4	3	2
$L$	м	600	600	600	600	600
$p_k$	МПа	30	30	30	30	30
$p_c$	МПа	20	22	24	26	28

2.2 Условие задачи № 2.2, исходные данные

**Задача № 2.1:** Определить значение массового дебита скважины, зная объёмный (задача № 2.1), если известно, что к забою скважины движется нефть плотностью  $\rho$ .

Таблица 2.2 – Исходные данные к решению задачи № 2.1

Обозначение параметра	Размерность параметра	Номер варианта				
		1	2	3	4	5
$\rho$	кг/м <sup>3</sup>	856	867	888	845	847
Обозначение параметра	Размерность параметра	Номер варианта				
		6	7	8	9	10
$\rho$	кг/м <sup>3</sup>	821	837	837	865	866
Обозначение параметра	Размерность параметра	Номер варианта				
		11	12	13	14	15
$\rho$	г/см <sup>3</sup>	0,884	0,862	0,848	0,823	0,801

2.3 Условие задачи № 2.3, исходные данные

**Задача № 2.3:** Рассчитать значение забойного давления (по исходным данным задачи № 2.1), если необходимо изменить дебит скважины в  $K$  раз (табл. 2.3).

Таблица 2.3 – Значения коэффициента  $K$  для выполнения задачи 3.2

Обозначение	Номер варианта				
	1	2	3	4	5
$K$	1,1	1,7	1,31	1,21	0,98
Обозначение	Номер варианта				
	6	7	8	9	10
$K$	0,97	1,18	1,16	0,88	0,97
Обозначение	Номер варианта				
	11	12	13	14	15
$K$	0,9	0,92	0,94	0,96	0,98

Начинать расчёт рекомендуется с записи исходных данных. Для определения соответствующих показателей студентами сначала записывается формула в виде буквенных обозначений, а затем подставляются численные значения. По завершении расчёта задач необходимо сделать выводы.

### 3 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1). Каким образом определяется радиус контура питания?
- 2). Какую размерность имеет коэффициент динамической вязкости?
- 3). Какую размерность имеет коэффициент эффективной проницаемости?
- 4). Каким образом рассчитывается значение депрессии?
- 5). По формуле Дюпюи определяется ли значение объёмного расхода нефти?
- 6). По формуле Дюпюи определяется ли значение массового расхода нефти?
- 7). Что необходимо выполнить для пересчёта значения дебита из пластовых условий в поверхностные условия?
- 8). Закон Дарси. Единицы измерения проницаемости.
- 9). Значения коэффициента проницаемости разрабатываемых на территории Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции (ТП НГП) нефтяных месторождений.
- 10). Вывод и анализ формулы Дюпюи.
- 11). Вывод формулы для расчёта притока нефти (жидкости) к забою скважины.
- 12). Напишите формулу для расчёта объёмного дебита для нефтяной скважины в пластовых условиях.
- 13). Напишите формулу для расчёта массового дебита нефтяной скважины в пластовых условиях.
- 14). Напишите формулу для расчёта объёмного дебита нефтяной скважины в поверхностных условиях.
- 15). Напишите формулу для расчёта массового дебита нефтяной скважины в поверхностных условиях.
- 16). При уменьшении давления на забое, что происходит с дебитом нефтяной скважины?
- 17). При увеличении давления на забое, что происходит с дебитом нефтяной скважины?
- 18). Напишите обозначение дебита скважины.
- 19). Напишите обозначение объёмного расхода.
- 20). Напишите размерность расхода нефти, определяемого по формуле Дюпюи.
- 21). Можно ли получить значение массового расхода нефти, умножив объёмный расход на плотность?
- 22). Можно ли получить значение массового расхода нефти, разделив объёмный расход на плотность?
- 23). Что необходимо выполнить для перевода дебита, замеренного в поверхностных условиях, в пластовые условия?
- 24). Что необходимо выполнить для перевода дебита, рассчитанного по формуле Дюпюи, в поверхностные условия?

#### 4 ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ В ТЕСТОВОЙ ФОРМЕ

1). *Продолжите предложение*

**Напишите результат вычисления  $3 \times 10^{-5} / 3 \times 10^{-8}$  \_\_\_\_\_**

2). *Продолжите предложение*

**Напишите результат вычисления  $3 \times 10^{-5} / (3 \times 10^{-8})$  \_\_\_\_\_**

3). *Продолжите предложение*

**Напишите результат вычисления  $(3 \times 10^{-5}) / 3 \times 10^{-8}$  \_\_\_\_\_**

4). *Продолжите предложение*

**Напишите результат вычисления  $(3 \times 10^{-5}) / (3 \times 10^{-8})$  \_\_\_\_\_**

5). *Продолжите предложение*

**Напишите результат вычисления  $10^{-5} / (10^4 \times 10^{-8})$  \_\_\_\_\_**

6). *Продолжите предложение*

**Напишите результат вычисления  $10^{-5} / 10^4 \times 10^{-8}$  \_\_\_\_\_**

7). *Обведите кружком номер правильного ответа:*

**Переведите размерность объёма в систему измерения СИ**

$V_1 = 680000 \text{ см}^3$  в системе СИ  $V_2 =$  \_\_\_\_\_

8). *Обведите кружком номер правильного ответа:*

**Переведите размерность объёма в систему измерения СИ**

$V_1 = 680000 \text{ мм}^3$  в системе СИ  $V_2 =$  \_\_\_\_\_

9). *Обведите кружком номер правильного ответа:*

**Переведите размерность объёма в систему измерения СИ**

$V_1 = 680000 \text{ дм}^3$  в системе СИ  $V_2 =$  \_\_\_\_\_

10). *Обведите кружком номера всех правильных ответов:*

**Формула для расчёта {массового, объёмного} дебита нефтяной скважины в {пластовых, поверхностных} условиях**

- $$Q = \frac{2\pi \cdot k \cdot h \cdot \Delta p}{\mu \cdot \ln \frac{R_k}{r_c}}$$

- $$Q = \frac{2\pi \cdot k \cdot h \cdot \rho \cdot \Delta p}{\mu \cdot \ln \frac{R_k}{r_c}}$$

- $$Q = \frac{2\pi \cdot k \cdot h \cdot \rho \cdot \Delta p}{\mu \cdot b \cdot \ln \frac{R_k}{r_c}}$$

- $$Q = \frac{2\pi \cdot k \cdot h \cdot \Delta p}{\mu \cdot b \cdot \ln \frac{R_k}{r_c}}$$

11). Обведите кружком номер правильного ответа:

**Формула Дюпюи применяется для определения дебита скважины, расположенной**

- в центре кругового пласта
- на контуре кругового пласта
- в центре прямоугольного пласта
- на контуре прямоугольного пласта

12). Установите соответствие и в ответе к букве поставьте соответствующую цифру:

Формула 
$$Q = \frac{2 \cdot \pi \cdot k \cdot h \cdot \Delta p}{\mu \cdot \ln \left( \frac{R}{r_c} \right)}$$

Обозначение параметров	Расшифровка параметров
a) $\mu$	1) эффективная толщина пласта
b) $h$	2) радиус контура питания скважины
c) $k$	3) динамическая вязкость жидкости
d) $Q$	4) установившийся приток в скважину в пластовых условиях
e) $R_k$	5) коэффициент эффективной проницаемости удалённой от скважины зоны пласта
f) $r_c$	6) депрессия
g) $\Delta p$	7) радиус скважины по долоту
Ответ: а _____, b _____, с _____, в _____, е _____, f _____, g _____	
Продолжите предложение <b>По данной формуле можно определить _____</b>	

13). Обведите кружком номер правильного ответа:

**Коэффициент  $\left\{ \frac{k}{\mu}, \frac{k \cdot h}{\mu} \right\}$  – это коэффициент**

- подвижности
- проницаемости
- продуктивности
- пьезопроводности
- гидропроводности

14). Обведите кружком номер правильного ответа:

**$\Delta p$  в формуле Дюпюи определяется следующим образом**

- $p_{заб} - p_{пл}$
- $p_{заб} - p_y$

- $p_{пл} - p_y$
- $p_y - p_{пл}$
- $p_{пл} - p_{заб}$
- $p_y - p_{заб}$

15). Обведите кружком номер правильного ответа:

**Депрессия – это когда**

- $p_y > p_{заб}$
- $p_{заб} > p_{пл}$
- $p_{пл} > p_{заб}$

16). Обведите кружком номер правильного ответа:

**Депрессия – это**

- разница давления в пласте и на забое скважины
- разница давления и температуры
- разница температуры в пласте и на забое
- зависимость давления от температуры

17). Обведите кружком номер правильного ответа:

**В формуле {Дюпюи, Дарси} буква { $k$ ,  $h$ ,  $\mu$ } – это коэффициент (значение)**

- пористости пласта
- толщины пласта
- радиуса скважины
- проницаемости пласта
- динамической вязкости
- радиуса контура питания скважины

18). Продолжите предложение

**Расход жидкости 4,32 т/сут в системе СИ будет иметь следующее значение \_\_\_\_\_**

19). Обведите кружком номер правильного ответа:

**По формуле Дюпюи определяется**

- забойное давление
- пористость пласта
- температура пласта
- дебит скважины

20). Обведите кружком номер правильного ответа:

**По формуле Дарси определяется**

- забойное давление
- температура пласта

- скорость фильтрации
- пористость пласта

21). *Обведите кружком номер правильного ответа:*

**Коэффициент проницаемости определяется по формуле**

- Дарси, Дюпюи
- Дюпюи, Менделя
- Менделя, Трингера
- Дарси, Трингера

22). *Обведите кружком номер правильного ответа:*

**Обозначение grad P – это**

- градус давления
- градация манометра
- градиент давления
- градиент температур

23). *Обведите кружком номер правильного ответа:*

**Коэффициент динамической вязкости жидкости – это**

- силы внутреннего трения жидкости
- упругость жидкости
- сжатие жидкости
- перепад давления

24). *Обведите кружком номер правильного ответа:*

**Гидропроводность пласта – это**

- способность пласта пропускать через себя жидкость
- способность пласта расширять жидкость
- способность пласта сжимать жидкость
- способность жидкости пропускать через себя газ

25). *Обведите кружком номер правильного ответа:*

**Размерность коэффициента проницаемости продуктивного пласта:**

- доли единицы
- проценты
- м
- м<sup>2</sup>

26). *Обведите кружком номер правильного ответа:*

**Размерность коэффициента пористости продуктивного пласта**

- доли единицы
- МКМ

- мкм<sup>2</sup>
- м

27). Обведите кружком номер правильного ответа:

**Градиент давления в формуле Дарси – это**

- перепад давления на изменение температуры на 1 градус
- перепад давления на единицу длины
- изменение давления от скорости отбора жидкости
- постоянная величина давления

28). Обведите кружком номер правильного ответа:

**Градиент температуры – это:**

- перепад температуры на единицу длины
- перепад температуры на изменение давления на 0,1 МПа
- изменение температуры от скорости отбора жидкости
- постоянная величина температуры

29). Установите соответствие и в ответе к букве поставьте соответствующую цифру:

Формула 
$$Q = \frac{2 \cdot \pi \cdot k \cdot h \cdot \rho \cdot \Delta p}{\mu \cdot b \cdot \ln \left( \frac{R_k}{r_c} \right)}$$

Обозначение параметров	Расшифровка параметров
a) $\mu$	1) депрессия
b) $h$	2) коэффициент динамической вязкости жидкости
c) $k$	3) коэффициент эффективной проницаемости удалённой от скважины зоны пласта
d) $Q$	4) объёмный коэффициент нефти
e) $R_k$	5) плотность жидкости
f) $r_c$	6) радиус контура питания скважины
g) $\Delta p$	7) радиус скважины по долоту
h) $\rho$	8) установившийся дебит скважины в поверхностных условиях
i) $b$	9) эффективная толщина пласта
Ответ: a _____, b _____, c _____, в _____, e _____, f _____, g _____, h _____, i _____.	
Продолжите предложение <b>По данной формуле можно определить _____</b>	

30). Обведите кружком номер правильного ответа:

**Плотность жидкости определяют по формуле**

- $\rho = m/V$
- $\rho = m/t$
- $\rho = t/V$



- $\rho = m \cdot V$
- $\rho = m \cdot t$

31). Обведите кружком номер правильного ответа:

**Давление насыщения – это такое давление, при котором**

- вода в эмульсии находится полностью в связанном состоянии
- вода и нефть находятся в раздельном состоянии
- газ полностью растворён в нефти
- растворённый в нефти газ начинает выделяться в виде пузырьков

32). Обведите кружком номер правильного ответа:

**Объёмный расход нефти (жидкости) в пластовых условиях**

а	б	в
$Q = \frac{2\pi \cdot k \cdot h \cdot \Delta p}{\mu \cdot \ln \frac{R_{\kappa}}{r_c}}$	$Q = \frac{2\pi \cdot k \cdot \mu \cdot \Delta p}{h \cdot \ln \frac{R_{\kappa}}{r_c}}$	$Q = \frac{2\pi \cdot k \cdot h \cdot \Delta p}{\mu \cdot \ln \frac{r_c}{R_{\kappa}}}$

33). Обведите кружком номер правильного ответа:

**Массовый расход жидкости в пластовых условиях**

а	б	в
$Q = \frac{2\pi \cdot k \cdot h \cdot \Delta p}{\mu \cdot \rho \cdot \ln \frac{R_{\kappa}}{r_c}}$	$Q = \frac{2\pi \cdot k \cdot h \cdot \rho \cdot \Delta p}{\mu \cdot \ln \frac{R_{\kappa}}{r_c}}$	$Q = \frac{2\pi \cdot k \cdot h \cdot \rho \cdot \Delta p}{\mu \cdot \ln \frac{r_c}{R_{\kappa}}}$

34). Обведите кружком номер правильного ответа:

**Объёмный расход нефти (жидкости) в поверхностных условиях**

а	б	в
$Q = \frac{2\pi \cdot k \cdot h \cdot b \cdot \Delta p}{\mu \cdot \ln \frac{R_{\kappa}}{r_c}}$	$Q = \frac{2\pi \cdot k \cdot \mu \cdot \Delta p}{h \cdot b \cdot \ln \frac{R_{\kappa}}{r_c}}$	$Q = \frac{2\pi \cdot k \cdot h \cdot \Delta p}{\mu \cdot b \cdot \ln \frac{R_{\kappa}}{r_c}}$

35). Обведите кружком номер правильного ответа:

**Массовый расход нефти (жидкости) в поверхностных условиях**

а	б	в
$Q = \frac{2\pi \cdot k \cdot h \cdot b \cdot \Delta p}{\mu \cdot \rho \cdot \ln \frac{R_{\kappa}}{r_c}}$	$Q = \frac{2\pi \cdot k \cdot h \cdot \rho \cdot \Delta p}{\mu \cdot b \cdot \ln \frac{R_{\kappa}}{r_c}}$	$Q = \frac{2\pi \cdot k \cdot h \cdot \rho \cdot \Delta p}{\mu \cdot b \cdot \ln \frac{r_c}{R_{\kappa}}}$

36). Продолжите предложение

Замерили расход нефти  $Q = 24,4 \text{ м}^3/\text{сут.}$

Известны следующие физико-химические характеристики нефти:

- плотность  $820 \text{ кг/м}^3$ ,
- коэффициент динамической вязкости  $0,21 \text{ мПа} \cdot \text{с}$ ,
- объёмный коэффициент  $1,11$ .

Напишите значение объёмного расхода нефти \_\_\_\_\_

37). *Продолжите предложение*

Замерили расход нефти  $Q = 86,4 \text{ м}^3/\text{сут.}$

Известны следующие физико-химические характеристики нефти:

- плотность  $820 \text{ кг/м}^3$ ,
- коэффициент динамической вязкости  $0,21 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ ,
- объёмный коэффициент  $1,11$ .

Напишите значение объёмного расхода нефти в размерности системы СИ \_\_\_\_\_

38). *Продолжите предложение*

Замерили расход нефти  $Q = 2,32 \text{ т/сут.}$

Известны следующие физико-химические характеристики нефти:

- плотность  $820 \text{ кг/м}^3$ ,
- коэффициент динамической вязкости  $0,21 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ ,
- объёмный коэффициент  $1,11$ .

Напишите значение массового расхода нефти \_\_\_\_\_

39). *Продолжите предложение*

Замерили расход нефти  $Q = 4,32 \text{ т/сут.}$

Известны следующие физико-химические характеристики нефти:

- плотность  $820 \text{ кг/м}^3$ ,
- коэффициент динамической вязкости  $0,21 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ ,
- объёмный коэффициент  $1,11$ .

Напишите значение массового расхода нефти в размерности системы СИ \_\_\_\_\_

40). *Продолжите предложение*

Замерили расход нефти  $Q = 86,4 \text{ м}^3/\text{сут.}$

Известны следующие физико-химические характеристики нефти:

- плотность  $820 \text{ кг/м}^3$ ,
- коэффициент динамической вязкости  $0,21 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ ,
- объёмный коэффициент  $1,11$ .

Напишите значение объёмного расхода нефти в размерности системы СИ \_\_\_\_\_

## 1 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Гиматудинов, Ш. К. Физика нефтяного и газового пласта : учеб. для вузов / Ш. К. Гиматудинов, А. И. Ширковский. – 4-е изд., стереотип. – М. : Альянс, 2005. – 311 с.
2. Миклина, О. А. Задания в тестовой форме для студентов направления 131000 – «Нефтегазовое дело» : уч. пособие / О. А. Миклина. – Ухта : УГТУ, 2012. – 113 с.
3. Михайлов, Н. Н. Физика нефтяного и газового пласта (физика нефтегазовых пластовых систем): Т. 1 : учеб. пособие / Н. Н. Михайлов. – М. : МАКС Пресс, 2008. – 448 с.
4. Мищенко, И. Т. Скважинная добыча нефти : учеб. пособие для вузов / И. Т. Мищенко. – М. : ГУП Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2007. – 826 с.
5. Мордвинов, А. А. Единицы физических величин и правил их применения : учеб. пособие / А. А. Мордвинов. – Ухта : УИИ, 1997. – 60 с.
6. Мордвинов, А. А. Освоение эксплуатационных скважин : учеб. пособие / А. А. Мордвинов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ухта : УГТУ, 2008. – 139 с.
7. Мордвинов, А. А. Практикум по дисциплине «Основы нефтегазового промыслового дела» : метод. указания / А. А. Мордвинов, Е. Л. Полубоярцев, О. А. Миклина. – Ухта : УГТУ, 2015. – 27 с.
8. Подземная гидромеханика : учеб. для вузов / К. С. Басниев [и др.]. – М. : – Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2006. – 488 с.
9. Пятибрат, В. П. Основы подземной гидромеханики : учеб. пособие для вузов / В. П. Пятибрат. – Ухта : УГТУ, 2002. – 123 с.
10. Пятибрат, В. П. Точное решение некоторых задач упругого режима фильтрации для линейных нефтяных и газовых пластов в рамках закона фильтрации Дарси : учеб. пособие для вузов / В. П. Пятибрат, В. А. Соколов. – Ухта : УГТУ, 2010. – 173 с.
11. Щуров, В. И. Технология и техника добычи нефти : учеб. для вузов / В. И. Щуров. – М. : ООО «Альянс», 2005. – 510 с.

Для изучения истории исследования вопросов фильтрации нефти (жидкости) в продуктивном пласте можно студентам рекомендовать следующие источники:

1. Маскет, М. Течение однородных жидкостей в пористой среде / М. Маскет. – М. : Гостоптехиздат, 1949. – 590 с.
2. Чарный, И. А. Подземная гидрогазодинамика / И. А. Чарный. – М. : Гостоптехиздат, 1963. – 396 с.

3. Велиев, М. Н. Нестационарный приток жидкости к скважине, несовершенной по степени вскрытия. Техника и технология нефтедобычи / М. Н. Велиев, Г. А. Мамедов. – Труды АзНИПИнефть, 1999. – С. 18–20.

4. Полубаринова-Кочина, П. Я. Теория движения грунтовых вод / П. Я. Полубаринова-Кочина. – М. : Наука, 1977. – 664 с.

5. Чарный, И. А. Основы подземной гидравлики / И. А. Чарный. – М. : Гостоптехиздат, 1956. – 260 с.

6. Баренблатт, Г. И. Движение жидкостей и газов в природных пластах / Г. И. Баренблатт, В. М. Ентов, В. М. Рыжик. – М. : Недра, 1984. – 208 с.

## ГЛОССАРИЙ

**Абсолютная проницаемость** – проницаемость пористой среды при движении в ней лишь одной какой-либо фазы (газа или однородной жидкости), не воздействующей с пористой средой.

**Башмак** – нижняя точка НКТ

**Вязкость** – свойство жидкости и газа оказывать сопротивление сдвигу. Все реальные жидкости и газы обладают определённой вязкостью, которая проявляется в виде внутреннего трения при относительном перемещении *смежных* частиц жидкости и газа. Зависит она от силы взаимодействия между молекулами жидкости (газа). Принято различать: коэффициент *динамической* вязкости ( $\mu$ ) и *кинематической* вязкости ( $\nu$ ).

**Гидродинамически совершенной скважиной** считается такая скважина, в которой продуктивный пласт вскрыт на всю толщину без изменения состояния проницаемости в ПЗП и имеется необсаженный (открытый) забой.

**Гидростатическое давление** – давление столба жидкости на некоторой глубине.

**Глубина скважины** – расстояние по проекции оси ствола на вертикаль её глубины.

**Горизонт продуктивный** – выдержанный по площади пласт-коллектор (или группа пластов) с единой гидродинамической системой, содержащий УВ и способный отдавать их в промышленных объёмах.

**Давление пластовое** (*pressure head*) – давление, под которым находится жидкость и/или газ в пласте-коллекторе; определяется гидростатическим, геостатическим, избыточным и др. видами давлений.

**Дебит скважины** (*well productivity, productive capacity*) – суточная производительность скважины; выражается в объёмных единицах ( $\text{м}^3/\text{сут}$  – газ) или в весовых ( $\text{т}/\text{сут}$  – нефть, вода).

**Депрессия** – разность между давлением на контуре питания и на забое скважины.

**Добыча** (*extraction, recovery, operation of deposit*) – извлечение полезных ископаемых из месторождения.

**Залежь** (*gas accumulation, gas deposit, gas pool, oil accumulation, oil deposit, oil pool, reservoir*) – значительное скопление нефти и газа.

**Месторождение (нефти или газа)** (*area, productive area*) – 1) это совокупность залежей, приуроченных к общему участку земной поверхности; 2) скопление минерального вещества на поверхности или в недрах Земли в результате тех или иных геологических процессов, по количеству, качеству и условиям залегания пригодного для промышленного использования.

**Нефть** (*petroleum, oil*) – природная смесь от светло-коричневого до чёрного цвета, состоящая преимущественно из углеводородных соединений метановой ( $C_nH_{2n+2}$ ), нафтеновой ( $C_nH_{2n}$ ) и ароматической ( $C_nH_{2n-2}$ ) групп, которые в пластовых и в стандартных условиях находятся в жидкой фазе. Кроме них в нефти присутствуют сернистые, азотистые, кислородные соединения, металлоорганические комплексы; сера присутствует как в свободном состоянии, так и в виде различных соединений. Свойства нефтей в пластовых условиях существенно отличаются от их свойств в стандартных условиях. Концентрация редких металлов (ванадия, титана, никеля и др.) в некоторых высокосмолистых нефтях может достигать промышленных значений.

**Нормальные условия** (физ. условия):  $T = 0^\circ\text{C}$  (273 К);  $P = 101235$  Па.

**Объект разработки** – один или несколько продуктивных пластов месторождения, выделенных по геолого-техническим условиям и экономическим соображениям для разбуривания и эксплуатации единой системой скважин.

**Объёмный расход** (жидкости или газа) – это объём жидкости, прошедший через данное поперечное сечение за единицу времени.

**Пластовые условия** (*reservoir conditions*) – физические и химические характеристики углеводородов в пласте.

**Плотность** – количество покоящейся массы, заключённой в единице объёма.

**Проницаемость** (*permeability*) – способность горных пород пропускать через себя флюиды при наличии перепадов давления. Различают *абсолютную*, *фазовую* и *относительную* проницаемости. Различают: абсолютную, фазовую и относительную проницаемости.

**Скважина** (*well*, встречается – *test*) – цилиндрическая горная выработка, сооружаемая без доступа в неё человека и имеющая диаметр во много раз меньше длины (диаметр более 75 мм); начало скважины называется устьем, цилиндрическая поверхность – стенкой или стволом, дно – забоем.

**Стандартные условия** (*standard conditions*) – условия на поверхности (в отличие от пластовых), которые влияют на объём и массу продуктов. В разных странах они различаются. В РФ С. у. – 0,1 МПа,  $20^\circ\text{C}$ , в Европе – 101 кПа,  $15^\circ\text{C}$ .

**Сырая нефть** – углеводороды в жидком состоянии при нормальном атмосферном давлении, а также все типы углеводородов и битумов (включая асфальты и озокериты) в их естественном состоянии.

**Фильтрация** – движение жидкости или газа сквозь пористую среду в горных породах.

**Флюид** – любое вещество, поведение которого при деформации может быть объяснено законами механики жидкостей и газов; обобщающий термин для обозначения перемещающихся в земной коре углеводородов, газов, воды (растворов, рассолов).