

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Агафонов Александр Владимирович
Должность: директор филиала
Дата подписания: 06.11.2023 20:50:28
Уникальный программный ключ: 2539477a8ecf706dc9cff164bc411eb6d3c4ab09

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ЧЕБОКСАРСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)
МОСКОВСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Кафедра транспортно-технологических машин



**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению расчетно-графических работ по дисциплине
«Физика пласта»**

Направление подготовки	21.03.01 <u>Нефтегазовое дело</u> <small>(код и наименование направления подготовки)</small>
Направленность (профиль) подготовки	«<u>Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки</u>» <small>(наименование профиля подготовки)</small>
Квалификация выпускника	бакалавр
Форма обучения	очная, очно-заочная

Чебоксары, 2022

Методические указания разработаны в соответствии с требованиями
ФГОС ВО по направлению подготовки

21.03.01 «Нефтегазовое дело»

Авторы: Лепав Александр Николаевич, кандидат технических наук

(указать ФИО, ученую степень, ученое звание или должность)

Программа одобрена на заседании кафедры (протокол № 10 от
14.05.2022 года.).

СОДЕРЖАНИЕ

1. СПИСОК ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ	3
2. ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ.....	6
РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ.....	5
3. ОЦЕНКА ДЕБИТА ЖИДКОСТИ ПРИ ФИЛЬТРАЦИИ ЧЕРЕЗ ТРЕЩИНОВАТЫЙ КОЛЛЕКТОР	7
РЕКОМЕНДУЕМЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	12

1. СПИСОК ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Классификация горных пород по происхождению. Свойства горных осадочных пород. Терригенные и карбонатные горные породы. Минералогический и гранулометрический состав пород.
2. Классификация горных пород по типам коллекторов. Типы цемент горных пород. Форма и окатанность частиц. Признаки породы- коллектора нефти и газа.
3. Пористость, кавернозность и трещиноватость. Классификация породколлекторов по размерам поровых каналов. Коэффициенты полной, открытой, эффективной и динамической пористости.
4. Проницаемость горных пород. Способы определения проницаемости горных пород. Приборы для определения абсолютной проницаемости. Вертикальная и горизонтальная проницаемость.
5. Капиллярные свойства и остаточная водонасыщенность пород. Структура пустотного пространства. Извилистость и проточность поровых каналов. Структурный коэффициент. Эффективный диаметр. Гидравлический радиус пустот. Распределение пустот по размерам в горной породе. Удельная поверхность горных пород.
6. Методы исследования структуры пород-коллекторов. Прочность. Твердость. Упругость. Пластичность. Сжимаемость. Набухаемость. Текучесть. Коэффициент объемной упругости горных пород. Методы определения механических свойств горных пород. Напряженное состояние горных пород в массиве. Нормальное и касательное напряжения.
7. Напряженное состояние горных пород в околоскважинном пространстве. Пластовое давление. Горное давление. Эффективное давление. Деформационные процессы в продуктивных пластах при их разработке.
8. Акустические свойства горных пород. Продольные и поперечные волны. Коэффициенты отражения и затухания. Факторы, влияющие на акустические свойства горных пород (давление, температура, насыщенность, структура и текстура горных пород).
9. Состав природных и попутных газов. Основные свойства газа. Плотность. Вязкость. Критические и приведенные параметры газа. Коэффициенты сверхсжимаемости газа.

10. Зависимость свойств газа от его состава, давления и температуры. Влагосодержание газа. Состав и свойства газоконденсатных смесей.

11. Нефтенасыщенность и методы ее определения. Состав нефти. Физико-химические, тепловые и электрические свойства пластовой нефти. Плотность. Вязкость.

12. Растворимость газов в нефти. Закон Генри. Влияние газонасыщенности на физико-химические свойства нефти. Давление насыщения. Сжимаемость, объемный коэффициент и усадка нефти. Кривая раз газирования пластовой нефти.

13. Состав пластовых вод. Плотность. Вязкость. Сжимаемость. Термическое расширение. Минерализация. Растворимость природных газов в пластовой воде. Влияние давления и температуры на физические свойства пластовых вод. Состояние остаточной воды в продуктивных коллекторах.

14. Поверхностное натяжение на границах разделов сред. Смачиваемость горных пород-коллекторов нефти и газа. Гидрофильные и гидрофобные горные породы.

15. Источники пластовой энергии. Физические основы вытеснения нефти и газа из пористых сред. Силы, действующие в пласте в процессе вытеснения нефти и газа водой. Механизм вытеснения нефти водой из фиктивного грунта. Механизм вытеснения нефти водой из реального грунта.

16. Применение ПАВ для повышения нефтеотдачи. Поверхностно-активные вещества (ПАВ). Физико-химические основы повышения отдачи коллекторов. Экспериментальные исследования процессов вытеснения нефти и газа водой. Коэффициент вытеснения.

17. Современные направления исследований в области физики нефтяного и газового пласта для решения задач повышения нефтеотдачи коллекторов.

2. ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Расчет дебита фильтрующейся жидкости для различных видов пористости

1. Оценка дебита жидкости при линейном режиме равномерной фильтрации

Рассмотрим случай субкапиллярной фильтрации, т.е. фильтрация равномерная и проходит через всю площадь образца, имеющего субкапиллярную пористость.

Дебит жидкости при линейном режиме оценивается уравнением Дарси:

$$Q = k_{np} \cdot F \frac{\Delta P}{\mu \cdot L}$$

где k_{np} – проницаемость, м²;

F – площадь фильтрации, м²;

ΔP – перепад давления, Па;

μ – вязкость, Па·с;

L – длина, м.

Задача I

Дан кубик породы размером 10x10x10 см, имеющий проницаемость k_{np} , через который фильтруется жидкость при градиенте давления ($\Delta P/L$). Определить дебит жидкости.

Оценка дебита жидкости при фильтрации через неравномерно-проницаемый коллектор

Проницаемость жидкости при фильтрации через капилляр оцениваем из соотношения уравнений Дарси:

$$Q = k_{np, кап} \cdot F \frac{\Delta P}{\mu \cdot L} \quad (2)$$

и Пуайзеля:

$$Q = \frac{F \cdot r^2 \cdot \Delta P}{8 \cdot \mu \cdot L}, \quad (3)$$

откуда:

$$k_{пр. кап} = \frac{r^2}{8} \quad (4)$$

где $k_{пр. кап}$ – проницаемость при фильтрации жидкости через капилляр, м²;

F – площадь фильтрации, м²;

ΔP – перепад давления, Па;

μ – вязкость, Па·с;

L – длина, м.

После преобразования коэффициента проницаемости и радиуса капилляра к одной размерности получим эмпирическое уравнение для оценки коэффициента проницаемости при фильтрации жидкости через капилляр:

$$k_{пр. кап} = 12,5 \cdot 10^{-6} r^2 \quad (5)$$

Задача 2

Дан кубик породы размером 10x10x10 см, имеющий проницаемость $k_{пр}$, через который фильтруется жидкость вязкостью при градиенте давления ($\Delta P/L$). В этом кубике существует один капилляр диаметром D_k . На сколько увеличится суммарный дебит при прочих равных параметрах μ и $\Delta P/L$?

3. ОЦЕНКА ДЕБИТА ЖИДКОСТИ ПРИ ФИЛЬТРАЦИИ ЧЕРЕЗ ТРЕЩИНОВАТЫЙ КОЛЛЕКТОР

Допустим, в кубике с субкапиллярной проницаемостью вместо канала имеется трещина вдоль всего образца шириной $L_{тр}$, высотой $h_{тр}$.

Оценить проницаемость трещины (щели) для жидкости, фильтрующейся через образец, можно, используя соотношение уравнений Буссинеска и Дарси:

$$\Delta P = \frac{12 \cdot \mu \cdot v \cdot L_{тр}}{h_{тр}^2} \quad (6)$$

$$\Delta P = \frac{v \cdot \mu \cdot v \cdot L_{тр}}{k_{пр.тр.}} \quad (7)$$

где $k_{пр.тр.}$ – проницаемость при наличии трещиноватой фильтрации, м²;

v – линейная скорость движения жидкости, м/с;

ΔP – перепад давления, Па;

μ – вязкость, Па·с;

$L_{тр}$ – длина трещины, м;

$h_{тр}$ – высота трещины, м.

Приведя параметры к одной размерности в единицах измерения нефтепромысловой геологии, получим эмпирическое уравнение для оценки коэффициента проницаемости при трещиноватой фильтрации:

$$k_{пр.тр.} = 84,4 \cdot 10^5 \cdot h^2. \quad (8)$$

Задача 3

Дан кубик породы размером 10x10x10 см, имеющий проницаемость $k_{пр}$, через который фильтруется жидкость при градиенте давления ($\Delta P/L$). В этом кубике будет существовать одна трещина шириной $L_{тр}$, высотой $h_{тр}$. На сколько увеличится суммарный дебит при прочих равных параметрах μ и $\Delta P/L$?

Исходные данные представлены в таблице 1, имеющие следующие обозначения:

$k_{пр}$ – проницаемость при субкапиллярной фильтрации, мкм²;

μ – вязкость жидкости, мПа⁰с;

$\Delta P/L$ – перепад давления, МПа/м;

N_k – число капилляров;

D_k – диаметр капилляра, мм;

$L_{тр}$ – длина трещин, см; $h_{тр}$ – высота трещины, мм;

Таблица 1

Исходные данные для задачи №1

<i>B</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
<i>κ_{нр}</i>	8	12	10	11	15	9	18	13	14	10	11
<i>μ</i>	2,0	1,3	3,0	2,5	3,0	1,5	2,0	1,3	3,0	1,2	1,4
$\Delta P/L$	0,3	0,26	0,31	0,32	0,33	0,35	0,3	0,36	0,31	0,28	0,26
N_k	1	2	1	2	3	2	1	3	2	1	3
D_k	0,18	0,2	0,22	0,24	0,25	0,16	0,3	0,27	0,28	0,24	0,16
$L_{тр}$	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
$h_{тр}$	0,15	0,16	0,18	0,17	0,19	0,22	0,21	0,28	0,27	0,28	0,23
<i>B</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>16</i>	<i>17</i>	<i>18</i>	<i>19</i>	<i>20</i>	<i>21</i>	<i>22</i>
<i>κ_{нр}</i>	13	17	20	12	13	11	9	13	16	17	8
<i>μ</i>	1,8	2,0	2,2	2,5	3,0	2,8	2,2	1,1	1,3	1,1	1,8
$\Delta P/L$	0,3	0,24	0,22	0,23	0,26	0,25	0,3	0,36	0,26	0,27	0,24
N_k	2	1	1	2	1	2	1	2	1	2	1
D_k	0,15	0,22	0,23	0,24	0,33	0,28	0,26	0,3	0,18	0,19	0,21
$L_{тр}$	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
$h_{тр}$	0,22	0,21	0,23	0,19	0,22	0,23	0,25	0,26	0,27	0,28	0,22
<i>B</i>	<i>23</i>	<i>24</i>	<i>25</i>	<i>26</i>	<i>27</i>	<i>28</i>	<i>29</i>	<i>30</i>	<i>31</i>	<i>32</i>	<i>33</i>
<i>κ_{нр}</i>	9	12	13	10	11	9	15	14	16	11	17
<i>μ</i>	1,6	1,9	2,0	3,0	1,4	1,8	1,6	2,2	2,0	2,1	1,3
$\Delta P/L$	0,2	0,22	0,24	0,25	0,31	0,32	0,28	0,24	0,25	0,28	0,31
N_k	2	1	2	1	2	3	2	1	1	2	3
D_k	0,22	0,23	0,25	0,26	0,27	0,28	0,3	0,31	0,29	0,28	0,18
$L_{тр}$	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
$h_{тр}$	0,24	0,26	0,28	0,16	0,25	0,26	0,27	0,18	0,23	0,24	0,22

Исходные данные для задачи №2

<i>B</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>κ_{np}</i>	9	20	13	17	9	16	18	19	15	12	13
<i>μ</i>	1,6	1,7	3,0	1,6	1,8	1,9	2,8	3,0	2,0	2,0	1,3
<i>ΔP/L</i>	0,4	0,28	0,35	0,37	0,39	0,4	0,22	0,28	0,3	0,28	0,24
<i>N_k</i>	2	1	2	1	2	3	2	1	1	1	2
<i>D_k</i>	0,22	0,26	0,3	0,31	0,28	0,29	0,26	0,2	0,25	0,18	0,2
<i>L_{mp}</i>	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
<i>h_{mp}</i>	0,2	0,26	0,26	0,28	0,29	0,3	0,18	0,26	0,24	0,27	0,18
<i>B</i>	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
<i>κ_{np}</i>	11	9	13	16	17	8	9	12	13	10	11
<i>μ</i>	3,0	2,5	3,0	1,5	2	1,3	3,0	1,2	1,4	1,8	2,0
<i>ΔP/L</i>	0,25	0,28	0,31	0,4	0,28	0,35	0,37	0,39	0,4	0,22	0,28
<i>N_k</i>	1	2	3	2	1	3	2	1	3	2	1
<i>D_k</i>	0,22	0,24	0,25	0,16	0,3	0,27	0,28	0,24	0,16	0,15	0,22
<i>L_{mp}</i>	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
<i>h_{mp}</i>	0,23	0,24	0,22	0,2	0,26	0,26	0,28	0,29	0,3	0,18	0,26
<i>B</i>	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
<i>κ_{np}</i>	9	8	12	10	11	15	9	18	13	14	10
<i>μ</i>	2,2	2,5	3,0	2,8	2,2	1,1	1,3	1,1	1,8	1,6	1,9
<i>ΔP/L</i>	0,3	0,23	0,26	0,25	0,3	0,36	0,26	0,27	0,24	0,2	0,22
<i>N_k</i>	1	2	1	1	2	3	2	1	2	1	2
<i>D_k</i>	0,23	0,24	0,33	0,28	0,26	0,3	0,22	0,19	0,21	0,22	0,23
<i>L_{mp}</i>	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
<i>h_{mp}</i>	0,24	0,15	0,16	0,18	0,17	0,19	0,18	0,21	0,28	0,27	0,28

Таблица 3

Исходные данные для задачи №3

B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
k_{np}	11	13	17	20	15	14	16	11	17	9	20
μ	2,0	3,0	1,4	1,8	1,6	2,2	2,0	2,1	1,3	1,6	1,7
$\Delta P/L$	0,24	0,25	0,31	0,32	0,3	0,26	0,31	0,32	0,33	0,35	0,3
N_k	3	2	1	1	2	2	2	1	2	1	2
D_k	0,25	0,26	0,27	0,28	0,3	0,31	0,29	0,28	0,18	0,2	0,26
L_{mp}	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
h_{mp}	0,23	0,22	0,21	0,23	0,19	0,22	0,23	0,25	0,26	0,27	0,28
B	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
k_{np}	17	9	16	18	19	15	12	13	8	12	10
μ	3	2,8	2,2	1,1	1,3	1,1	1,8	1,6	1,3	3	2,5
$\Delta P/L$	0,28	0,31	0,4	0,28	0,35	0,37	0,39	0,4	0,3	0,32	0,33
N_k	1	2	3	2	1	2	1	2	2	3	2
D_k	0,26	0,3	0,18	0,19	0,21	0,22	0,23	0,25	0,25	0,16	0,3
L_{mp}	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
h_{mp}	0,23	0,24	0,22	0,2	0,26	0,26	0,28	0,29	0,21	0,28	0,27
B	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
k_{np}	11	15	9	18	13	14	10	11	13	17	13
μ	3	1,5	2	1,3	3	1,2	1,4	1,8	2	2,2	2,8
$\Delta P/L$	0,35	0,3	0,36	0,31	0,28	0,26	0,3	0,24	0,22	0,23	0,3
N_k	1	3	2	1	3	2	1	1	2	1	2
D_k	0,27	0,28	0,24	0,16	0,15	0,22	0,23	0,24	0,33	0,28	0,18
L_{mp}	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
h_{mp}	0,28	0,23	0,22	0,21	0,23	0,19	0,22	0,25	0,25	0,26	0,22

1. Зиновьева, Л. М. Физика пласта [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л. М. Зиновьева, Л. Н. Коновалова, Т. К. Гукасян.- Ставрополь: СКФУ, 2016. - 120 с. - Режим доступа : <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=459066>
2. Стрекалов, Ю. А. Физика твердого тела [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю.А. Стрекалов, Н.А. Тенякова. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. - 307 с.- (Высшее образование: Бакалавриат). - Режим доступа : <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=363421>"

Дополнительная литература

3. Шевченко, О.Ю. Основы физики твердого тела [Электронный ресурс]: учебное пособие /О.Ю.Шевченко. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2010. — 76 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/43443/#1>
4. Демидченко В. И. Физика [Электронный ресурс] : учебник / В.И. Демидченко, И.В. Демидченко. — 6-е изд., перераб. и доп. — М. : ИНФРА-М, 2016. — 581 с. - Режим доступа : <http://znanium.com/bookread2.php?book=469821>

Чебоксарский институт (филиал) федерального
государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Московский
политехнический университет»

КОПИЯ ВЕРНА.

Пронумеровано, прошнуровано и скреплено печатью
7 (СЕМЬ) листов.

Директор филиала А.В. Агафонов
2019 г.

