

УДК 622.234.5(075.8)
ББК 30.123я73
К32

Квеско Б.Б.

К32 Подземная гидромеханика: учебное пособие / Б.Б. Квеско, Е.Г. Карпова; Томский политехнический университет. – 2-е изд. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 18: с.

ISBN 978-5-4387-0087-6

В учебном пособии рассмотрены основные разделы теории установившейся однофазной фильтрации флюидов в пористых и трещиноватых коллекторах. Освещены вопросы неуставившейся одномерной фильтрации флюидов и методы исследования плоских течений. Приведены сведения о фильтрации многофазной и неньютоновской жидкостях.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению 130500 «Нефтегазовое дело».

УДК 622.234.5(075.8)
ББК 30.123я73

Рецензенты

Доктор физико-математических наук, профессор ТГУ
А.А. Глазунов

Кандидат физико-математических наук,
научный сотрудник ОАО «ТомскНИПИнефть ВНК»
В.Н. Панков

ISBN 978-5-4387-0087-6

© ГОУ ВПО НИ ТПУ, 2010
© Квеско Б.Б., Карпова Е.Г., 2010
© Обложка. Издательство Томского
политехнического университета, 2012

СОДЕРЖАНИЕ

Обозначения и размерности	3
Введение	7
1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОДЗЕМНОЙ ГИДРОМЕХАНИКИ	7
1.1. Понятие о моделировании	7
1.2. Модели фильтрационного течения, флюидов и коллекторов	8
1.2.1. Модели фильтрационного течения	8
1.2.2. Модели флюидов	9
1.2.3. Модели коллекторов	10
1.2.4. Характеристики коллекторов	13
Задания для самопроверки	18
2. ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ ФИЛЬТРАЦИИ	20
2.1. Скорость фильтрации	20
2.2. Общая система уравнений подземной гидромеханики	21
2.3. Закон Дарси (линейный закон фильтрации)	23
2.3.1. Пористая среда	23
2.3.2. Трещинная среда	27
2.4. Уравнения потенциального движения для пористой среды	28
2.6. Начальные и граничные условия	29
2.6.1. Начальные условия	29
2.6.2. Граничные условия	29
2.7. Замыкающие соотношения	30
2.7.1. Зависимость плотности от давления	30
2.7.2. Зависимость вязкости от давления	31
2.7.3. Зависимость пористости от давления	31
2.7.4. Зависимость проницаемости от давления	32
Задания для самопроверки	32
3. УСТАНОВИВШАЯСЯ ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ОДНОМЕРНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ	34
3.1. Виды одномерных потоков	34
3.1.1. Прямолинейно-параллельный поток	34
3.1.2. Плоскорадиальный поток	35
3.1.3. Радиально-сферический поток	36
3.2. Исследование одномерных течений	36
3.2.1. Задача исследования	36
3.2.2. Общее дифференциальное уравнение	37
3.2.3. Потенциальные функции	39
3.2.4. Анализ основных видов одномерного течения	40
3.2.5. Анализ одномерных потоков при нелинейных законах фильтрации	48
3.3. Фильтрация в неоднородных средах	52

3.4. Приток к несовершенным скважинам.....	54
3.4.1. Виды и параметры несовершенств скважин	54
3.4.2. Исследования притока жидкости к несовершенной скважине	56
3.5. Влияние радиуса скважины на ее производительность	58
Задания для самопроверки	58
4. НЕСТАЦИОНАРНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ УПРУГОЙ ЖИДКОСТИ И ГАЗА	61
4.1. Упругая жидкость	61
4.1.1. Понятия об упругом режиме пласта	61
4.1.2. Основные параметры теории упругого режима.....	61
4.1.3. Уравнение пьезопроводности	63
4.1.4. Приток к скважине в пласте неограниченных размеров.....	63
4.1.5. Периодически работающая скважина.....	67
4.1.6. Определение коллекторских свойств пласта по данным исследования скважин нестационарными методами	68
4.2. Неустановившаяся фильтрация газа в пористой среде	69
4.3. Приближенные методы решения задач теории упругого режима	71
4.3.1 Метод последовательной смены стационарных состояний (ПССС)	71
4.3.2. Метод А.М. Пирвердяна.....	76
4.3.3. Метод интегральных соотношений.....	78
4.3.4. Метод «усреднения»	81
Задания для самопроверки	82
5.ОСНОВЫ ТЕОРИИ ФИЛЬТРАЦИИ МНОГОФАЗНЫХ СИСТЕМ.....	83
5.1. Связь с проблемой нефтегазоотдачи пластов	83
5.2. Основные характеристики многофазной фильтрации	83
5.3. Исходные уравнения многофазной фильтрации.....	88
Уравнения неразрывности.....	88
5.4. Потенциальное движение газированной жидкости	89
Некоторые выводы.....	94
5.5. Фильтрация водонефтяной смеси и многофазной жидкости	95
5.6. Одномерные модели вытеснения несмешивающихся жидкостей	96
5.6.1. Задача Баклея–Левретта и ее обобщения	99
5.6.2. Задача Рапопорта–Лиса	101
Задания для самопроверки	102
6.ОСНОВЫ ФИЛЬТРАЦИИ НЕНЬЮТОНОВСКИХ ЖИДКОСТЕЙ	104
6.1. Реологические модели фильтрующихся жидкостей и нелинейные законы фильтрации	104
6.2. Одномерные задачи фильтрации вязкопластичной жидкости	107
6.3. Образование застойных зон при вытеснении нефти водой	110
Задания для самопроверки	111

7. УСТАНОВИВШАЯСЯ ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ПЛОСКАЯ (ДВУХМЕРНАЯ) ФИЛЬТРАЦИЯ	112
7.1. Метод суперпозиции (потенциалов)	113
7.1.1. Фильтрационный поток от нагнетательной скважины к эксплуатационной	115
7.1.2. Приток к группе скважин с удаленным контуром питания	117
7.1.3. Приток к скважине в пласте с прямолинейным контуром питания	118
7.1.4. Приток к скважине, расположенной вблизи непроницаемой прямолинейной границы	119
7.1.5. Приток к скважине в пласте с произвольным контуром питания	119
7.1.6. Приток к бесконечным цепочкам и кольцевым батареям скважин	120
7.2. Метод эквивалентных фильтрационных сопротивлений (метод Борисова)	127
7.3. Интерференция несовершенных скважин	130
7.3.1. Взаимодействие скважин в анизотропном пласте	131
7.3.2. Взаимодействие скважин при нестационарных процессах	133
7.4. Решение плоских задач фильтрации методами теории функций комплексного переменного	134
7.4.1. Общие положения теории функций комплексного переменного	134
7.4.2. Характеристическая функция, потенциал и функция тока	135
7.4.3. Характеристические функции некоторых основных типов плоского потока	138
7.4.4. Характеристическая функция течения при совместном действии источника и стока	142
7.4.5. Характеристическая функция течения для кольцевой батареи скважин	144
Задания для самопроверки	146
8. ОСНОВЫ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	147
8.1. Сущность математического моделирования	148
8.2. Основные проблемы гидродинамического моделирования	151
Задания для самопроверки	156
ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ	157
Список литературы	164