

Гидродинамические исследования нефтяных скважин

Аманат Чодри



Серия «Промышленный инжиниринг»

А. Чодри

**ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ НЕФТЯНЫХ
СКВАЖИН**

*Перевод с английского
Юдин В.А., Ломакина О. В.*

Под редакцией к. т. н. Вольпина С. Г.

Москва

ООО «Премиум Инжиниринг»

2011



УДК 622.276.02:532.5(035)

ББК 33.361

Ч-75

Это издание опубликовано по соглашению с Elsevier INC и Technopress Limited.

Аманат Чодри

Ч-75 Гидродинамические исследования нефтяных скважин / Перевод с английского. — М.: ООО «Премиум Инжиниринг», 2011. — 687 с., ил. — (Промышленный инжиниринг).

Издание является практическим справочником по современным технологиям гидродинамических исследований нефтяных скважин (ГДИС). Фундаментальные концепции, связанные с получением данных ГДИС и их интерпретацией, представлены с практической точки зрения. Все приведенные методики и данные опробованы в промысловых условиях. Более 129 промысловых примеров иллюстрируют эффективное практическое применение ГДИС нефтяных скважин, технологии анализа данных и их использование. Приведен краткий обзор достижений в этой области.

Данная книга крайне необходима специалистам по разработке месторождений и повышению нефтеотдачи, нефтяникам-практикам, профессиональным геологам, геофизикам, а также студентам и преподавателям вузов.

ISBN 978-5-903363-18-6

УДК 622.276.02:532.5(035)

ББК 33.361

This edition of Oil Well Testing Handbook by Amanat Chaudhry is published by arrangement with Elsevier INC of 30 Corporate Drive, Suite 400, Burlington MA 01803 USA.

The right of A. Chaudhry to be identified as author of this work has been asserted in accordance with the Copyright, Designs and Patent Act 1988.

This translation has been undertaken by Technopress Limited.

Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав.

ISBN 978-0-7506-7706-6 (англ.)

ISBN 978-5-903363-18-6

© 2004, Elsevier INC. All rights reserved

© Technopress Ltd, 2011

© ООО «Премиум Инжиниринг», 2011

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие к англоязычному изданию	XV
Предисловие автора	XVII
Благодарности	XIX
1. Введение	1
1.1. Роль гидродинамических исследований скважин и получаемой информации в нефтяной промышленности.	1
1.2. История гидродинамических исследований нефтяных скважин и их применение	2
1.3. Получение данных гидродинамических исследований скважин, их интерпретация и планирование исследований ...	2
1.4. Выбор скважин для оптимальной программы работ по увеличению притока	3
1.5. Процесс определения параметров пласта (залежи)	4
1.6. Задачи данной книги	8
1.7. Построение изложения материала	8
1.8. Системы единиц и переводные коэффициенты	12
Список основной литературы	13
Список дополнительной литературы	13
2. Математические основы фильтрации нефти в пласте	15
2.1. Введение	15
2.2. Основные уравнения течения жидкости в нефтяном пласте.	15
2.3. Численные модели и их применение	28
2.4. Вычисление распределения неустановившегося давления в случае наклонно-направленной скважины	35
2.5. Резюме	44
Список основной литературы	44
Список дополнительной литературы	44

3. Методы интерпретации исследований горизонтальных нефтяных скважин при неустановившейся фильтрации.	47
3.1. Введение	47
3.2. Уравнения притока к горизонтальной нефтяной скважине	47
3.3. Характеристики работы горизонтальной нефтяной скважины при нестационарном режиме фильтрации	86
3.4. Методы гидродинамических исследований горизонтальных скважин при неустановившейся фильтрации	88
3.5. Формулы для определения времен и различных режимов течения	91
3.6. Уравнения изменения давления и методы интерпретации.	98
3.7. Нормированное (безразмерное) изменение давления в горизонтальной скважине и производные нормированного (безразмерного) давления	105
3.8. Влияние объема ствола скважины.	106
3.9. Резюме	107
Список основной литературы	107
Список дополнительной литературы	108
4. Исследование нефтяных скважин методом падения давления.	109
4.1. Введение	109
4.2. Зависимость давления от времени при работе скважины с постоянным дебитом	110
4.3. Нестационарный режим притока — бесконечный пласт	110
4.4. Интерпретация данных исследований при позднем нестационарном режиме притока — ограниченные истощаемые пласты	114
4.5. Обработка исследований при квазистационарном режиме притока — определение границ пласта	117
4.6. Исследование при двух значениях дебита	125
4.7. Исследования при переменном дебите	132
4.8. Обработка данных исследования при нескольких значениях дебита.	141
4.9. Обработка данных исследований методом падения давления с применением нормированных кривых	151
4.10. Резюме	156
Список основной литературы	156
Список дополнительной литературы	157

5. Исследование нефтяных скважин методом восстановления давления	159
5.1. Введение	159
5.2. Идеальный вариант исследования методом восстановления давления	160
5.3. Фактические исследования методом восстановления давления — бесконечный пласт	162
5.4. Обработка исследований методом восстановления давления в бесконечном пласте	163
5.5. Исследование ограниченных пластов методом восстановления давления	183
5.6. Обработка данных исследования методом восстановления давления при многофазном притоке	202
5.7. Обработка послепритока методом Рассела	206
5.8. Исследования методом восстановления давления, в скважине, работавшей до остановки с однократным ступенчатым изменением дебита	211
5.9. Обработка кривой восстановления давления в скважине, работавшей с многократным ступенчатым изменением дебита до остановки	214
5.10. Обработка кривой восстановления давления в скважине с многофазным притоком и несколькими дебитами до остановки	218
5.11. Методики нормализации дебита при обработке исследований методом восстановления давления	226
5.12. Резюме	240
Список основной литературы	240
6. Методы оценки начального и среднего пластового давлений	243
6.1. Введение	243
6.2. Начальное пластовое давление в бесконечных пластах	243
6.3. Оценка среднего и начального пластового давления	244
6.4. Определение постоянного давления в законтурной зоне пласта с водонапорным режимом	254
6.5. Резюме	261
Список основной и дополнительной литературы	262
7. Гидродинамические методы исследования скважин в пластах с естественной трещиноватостью	263
7.1. Введение	263

7.2. Обнаружение трещин	263
7.3. Характеристики трещиноватых пластов	264
7.4. Типичные формы кривых падения давления	264
7.5. Форма кривых восстановления давления в трещиноватых пластах.	265
7.6. Методы интерпретации гидродинамических исследований скважин, их применение и ограничения	267
7.7. Методы обработки кривых восстановления давления при низкопроницаемой матрице в трещиноватом пласте.	280
7.8. Интерпретация данных гидропрослушивания в нетрещиноватых и трещиноватых пластах	285
7.9. Виды кривых изменения давления при исследованиях горизонтальных скважин.	288
7.10. Прогноз добычи из горизонтальной скважины в пласте с двойной пористостью.	293
7.11. Резюме	294
Список основной и дополнительной литературы.	295
8. Основы метода совмещения с типовыми кривыми для интерпретации материалов исследований нефтяных скважин	297
8.1. Введение	297
8.2. Применение в традиционных исследованиях.	298
8.3. Метод совмещения с типовыми кривыми для интерпретации материалов гидродинамических исследований после гидроразрыва пласта.	324
8.4. Метод совмещения с типовыми кривыми при интерпретации материалов гидродинамических исследований в нефтяных скважинах с горизонтальной трещиной	341
8.5. Резюме	349
Список основной и дополнительной литературы.	350
9. Идентификация и анализ режимов притока к скважине с трещиной	351
9.1. Введение	351
9.2. Линейный режим притока по трещине [1, 4, 8]	352
9.3. Билинейное течение [1, 4, 8]	353
9.4. Линейный режим притока из пласта [1, 4, 8]	357
9.5. Псевдорадialьное течение [1, 4, 8]	358
9.6. Методы совмещения с типовыми кривыми [1, 7, 8]	358
9.7. Резюме	369
Список основной литературы	370
Список дополнительной литературы	370

10. Использование производных давления при интерпретации материалов гидродинамических исследований скважин	371
10.1. Введение	371
10.2. Применение производной давления при интерпретации материалов гидродинамических исследований скважин	371
10.3. Методы интерпретации при использовании производной давления	373
10.4. Случай трещиновато-пористых пластов	378
10.5. Особенности кривых производной давления для других часто встречающихся режимов притока	384
10.6. Резюме	384
Список основной литературы	384
Список дополнительной литературы	384
11. Интерпретация материалов гидродинамических исследований скважин после массивного гидроразрыва	385
11.1. Введение	385
11.2. Методы интерпретации материалов гидродинамических исследований нефтяных скважин после массивного гидроразрыва пласта	385
11.3. Трещины бесконечной проводимости	386
11.4. Трещины конечной проводимости	386
11.5. Определение параметров пласта в случае трещины конечной проводимости	391
11.6. Обработка исследований скважин после гидроразрыва в низкопроницаемом пласте	397
11.7. Резюме	399
Список основной литературы	399
Список дополнительной литературы	400
12. Гидродинамические исследования скважин испытателями пластов	401
12.1. Введение	401
12.2. Оборудование ИПТ и технология проведения работ	402
12.3. Рекомендации по выбору времен притока и закрытия при исследовании с ИПТ	403
12.4. Признаки некачественных измерений давления при исследовании с ИПТ	404
12.5. Проверка обоснованности и согласованности данных ИПТ ..	406
12.6. Оценка среднего дебита	409

12.7. Методы интерпретации исследований с ИПТ, их применение и ограничения	410
12.8. Интерпретация данных опробователя пластов на кабеле.	430
12.9. Резюме	444
Список основной и дополнительной литературы.	444
13. Исследования методом интерференции и импульсные исследования	447
13.1. Введение	447
13.2. Методы интерпретации материалов исследований на интерференцию	447
13.3. Интерпретация данных гидропрослушивания с многократным возмущением	452
13.4. Методы планирования и интерпретации импульсного гидропрослушивания по вертикали	464
13.5. Планирование и интерпретация гидропрослушивания при неравной продолжительности импульсов.	468
13.6. Резюме	482
Список основной литературы	482
Список дополнительной литературы	483
14. Интерпретация данных гидродинамических исследований нагнетательных скважин при нестационарных режимах.	485
14.1. Введение	485
14.2. Методы интерпретации при исследовании скважин в процессе нагнетания.	485
14.3. Интерпретация исследований при остановке нагнетательной скважины	498
14.4. Интерпретация исследований нагнетательных скважин с однократным ступенчатым изменением расхода	515
14.5. Метод исследования нагнетательных скважин со ступенчатым изменением расхода	519
14.6. Резюме	526
Список основной литературы	526
Список дополнительной литературы	527
15. Методы гидродинамических исследований скважин в многопластовых системах	529
15.1. Введение	529
15.2. Классификация слоистых пластовых систем	529

15.3. Интерпретация данных измерения давления в многопластовых системах	529
15.4. Концепция трещин и слоев эквивалентной проводимости . . .	534
15.5. Выражения для расчета давлений и дебитов в работающей скважине в слоистых пластах	535
15.6. Определение степени сообщаемости и типа перетока	538
15.7. Особенности кривых восстановления давления в слоистых пластах	538
15.8. Методы интерпретации данных измерения давления в нефтяных скважинах при совместной эксплуатации нескольких пластов	539
15.9. Факторы, влияющие на поведение слоистых пластов	546
15.10. Экономические аспекты наличия межпластовых перетоков .	547
15.11. Резюме	547
Список основной и дополнительной литературы	547
16. Методы интерпретации данных гидродинамических исследований в неоднородных нефтенасыщенных пластах	549
16.1. Введение	549
16.2. Влияние давления на свойства породы	549
16.3. Главные причины неоднородности пласта	550
16.4. Изменение давления в скважинах возле непроницаемых границ	551
16.5. Влияние пьезопроводности на поведение пласта	562
16.6. Некоторые простые рекомендации для оценки параметров неоднородного пласта	563
16.7. Общий подход к определению пространственного распределения неоднородностей	563
16.8. Определение параметров неоднородного пласта и ориентации трещин	564
16.9. Определение неоднородности пласта при гидропрослушивании	567
16.10. Метод определения ориентации трещин	583
16.11. Оценка двумерного распределения проницаемости по данным гидропрослушивания пласта в вертикальной плоскости	584
16.12. Применение гидропрослушивания с многократным возмущением для оценки неоднородности пласта	599
16.13. Критерии выбора различных моделей пласта	601
16.14. Резюме	601
Список основной и дополнительной литературы	602

А. Таблицы коэффициентов перевода единиц измерений из одной системы в другую.	605
В. Корреляционные таблицы и безразмерные функции	611
Список основной и дополнительной литературы.	620
С. Изменение давления по стволу вертикальных, наклонных и горизонтальных скважин	621
С.1. Метод Хагедорна и Брауна	621
С.2. Метод Бэггса и Брилла [2]	628
Список основной и дополнительной литературы.	632
Д. Физико-химические свойства нефти и воды (PVT свойства), корреляционные уравнения для их оценки	633
D.1. Физико-химические параметры нефти	634
D.2. Растворимость газа в нефти	638
D.3. Объемный коэффициент пластовой нефти	639
D.4. Общий объемный коэффициент нефти	642
D.5. Плотность нефти	643
D.6. Вязкость нефти.	643
D.7. Сжимаемость нефти	648
D.8. Свойства слагающих пласт пород.	649
D.9. Свойства пластовой воды при различных давлениях и температурах	650
Список основной и дополнительной литературы.	666
Основные обозначения	667
Библиография	675
Предметный указатель	691