

Schlumberger

**Введение
в методы испытания пластов**

© Schlumberger 2000

Schlumberger
225 Schlumberger Drive
Sugar Land, Texas 77478

SMP-7086-1

Данная книга содержит выдержки из публикации фирмы "Шлюмберже" (Schlumberger) "*Современное испытание пласта*" (SMP-7055). @ Schlumberger 1994

Звёздочка (*) используется в настоящем документе с целью обозначить марку фирмы "Шлюмберже".

Aflas@ - торговая марка Asahi Glass Co, Ltd.
Barton@ - торговая марка Barton Instrument Systems, LLC.
Daniel@ - торговая марка Daniel Industries, Inc.
Floco@ - торговая марка Barton Instrument Systems, LLC.
HASTELLOY@ - торговая марка Haynes International, Inc.
HP@ - торговая марка Hewlett-Packard Company.
Kimray@ - торговая марка Kimray, Inc.
Lee Jeva@ - торговая марка Lee Company.
Quartzdyne@ - торговая марка Quartzdyne Inc.
Ranarex@ - торговая марка EG&G Chandler Engineering Company.
RotronTM - торговая марка Ametek, Inc.
Viton@ - торговая марка DuPont Dow Elastomers L.L.C.
Unix@ - торговая марка The Open Group.
WindowsTM - торговая марка Microsoft Corporation.

Содержание

Книга 1. Введение в методы испытания пластов

Введение	8
Испытание скважины	8
Испытание скважины на продуктивность	9
Испытание скважины на определение призабойных условий и характеристик пласта	11
Программа испытания скважины	14
Торговые марки	18
Сокращения и условные обозначения	20

Книга 2. Скважинное оборудование для опробования и испытания пластов

Введение	5
Центр фирмы "Шлюмберже" по опробованию, испытанию пластов и освоению скважин	5
История создания скважинных приборов фирмой Флопетрол-Джонстон-Шлюмберже (Flopetrol Johnston-Schlumberger)	9
Технические решения в области герметичных уплотнений	15
Скважинная среда	15
Рекомендуемые эластомеры	16
Типичная компоновка пластоиспытателя на трубах	19
Пакеры	23
Система FlexPac	24
Пакерный модуль FlexPac	24
Фиксирующий модуль FlexPac	27
Пакер PosiTest	29
Длинноходовой пакер PosiTest	31
Пакер PosiTest с фиксацией давлением	33
Пакер Positrieve	34
Испытание пластов на базе системы IRIS	36
Преимущества системы IRIS	36
Гибкая система команд	37
Двухклапанный модуль IRIS	41
Управляемые давлением модули скважинных испытательных компоновок	43
Клапанный модуль пластоиспытателя PCT	45
Модуль поддержания клапанов PCT в открытом положении	47
Управляемый давлением модуль сравнения PORT	49
Модуль предохранения пласта	51
Модуль сравнения с гидростатическим давлением	53
Реверсивный клапанный модуль однократного действия, управляемый избыточным, по отношению к гидростатическому, давлением	55
Реверсивный клапанный модуль однократного действия, управляемый избыточным, по отношению к гидростатическому, давлением (внутренним и наружным) ...	57
Реверсивный клапанный модуль многократного действия, управляемый внутренним давлением в колонне	59
Многоцикловый циркуляционный клапанный модуль	61
Многоцикловый циркуляционный клапанный модуль с замком	63
Предохранительный модуль с откидным клапаном для продавки жидкости в пласт	65

Клапанный модуль для заполнения и опрессовки колонны НКТ	67
Клапанный модуль для опрессовки колонны НКТ	69
Предохранительный модуль с одним шаровым клапаном	71
Клапанный модуль для опрессовки бурильных колонн	73
Предохранительный клапанный модуль для продавки жидкости в пласт	75
Телескопическое соединение	77
Корреляция между телескопическим соединением и перфоратором TCP	79
Контроль глубины	79
Гидравлический яс	83
Безопасный замок	85
Клапанный модуль двойного действия	87
Кольцевая пробоотборная камера на полное проходное сечение	89
Компоновки пластоиспытателей на трубах	91
Компоновка IRIS категории 10k с регистратором DataLatch и перфораторным модулем, спускаемым на НКТ	91
Компоновка IRIS категории 10k для перфорационных работ и извлечения перфораторов	94
Компоновка IRIS для скважин большого диаметра	97
Компоновка категории 10k управляемого давлением пластоиспытателя РСТ с регистратором DataLatch и перфораторным модулем TCP	99
Компоновка категории 15k для условий ВДВТ пластоиспытателя РСТ с перфораторным модулем TCP	102
Компоновка категории 17.5k для экстремальных значений ВДВТ из модулей однократного действия	105
Компоновка категории 17.5k для условий ультра-ВДВТ	107
Компоновка категории 15k пластоиспытателя РСТ для скважин малого диаметра, с перфораторным модулем TCP	109
Колонна из разностенных труб	109
Компоновка PERFPAC категории 10k для перфорации колонн и намывки гравийных фильтров	112

Книга 3А. Системы техники безопасности

Введение	4
Устройство герметизации райзера	6
Испытательная фонтанная арматура SenTREE 3	8
Компоненты системы SenTREE 3	11
Блок клапанов	11
Блок замка	14
Обратный клапан	17
Телескопический патрубок	20
Принадлежности	22
Подводные системы контроля	24
Продолжительность отсоединения	24
Технические характеристики стандартной системы	26
Глубоководная гидравлическая система	30
Глубоководная электрогидравлическая система	32
Анализ сноса	34
Подводный держатель датчиков давления и температуры	35
Клапан лубрикатора	37
Извлекаемый E-Z клапан контроля скважины	40

Книга 3В. Работы по испытанию скважин

Введение	5
Наземное испытательное оборудование	5
Стандартный комплект оборудования	6
Компоновка оборудования	6
Меры безопасности	7
Классифицированные зоны опасности	7
Зона 0	7
Зона 1	8
Зона 2	8
Чистая зона	8
Стандарты безопасности при размещении оборудования	9
Рабочие требования в условиях наличия H ₂ S и меры безопасности	14
Руководства по выполнению работ	15
Безопасность оборудования	15
Тепловое излучение	16
Уровень шума	17
Электробезопасность	18
Подготовка проекта полномасштабного испытания скважины	19
Общие стандарты	19
Проектирование испытания скважины	22
Барьеры безопасности оборудования	35
Наземные системы обеспечения безопасности	36
Система аварийного останова	37
Поверхностная предохранительная задвижка	41
Фонтанная арматура	43
2-1/8 дюймовая лёгкая фонтанная арматура	45
2-1/4 дюймовая фонтанная арматура	47
3-1/8 и 3-1/16 дюймовая фонтанная арматура	50
6-1/8 дюймовая фонтанная арматура	52
Коллектор сбора данных	54
Оборудование для очистки от песка	57
Двухбачковый песочный фильтр	57
Сепаратор песка	60
Циклонный пескоотделитель	63
Штуцерный манифольд	67
Теплообменник	70
Типы нагревателей и их применение	70
Предупреждение образования гидрата	70
Снижение вязкости	70
Разложение эмульсии	70
Паровой теплообменник	71
Нагреватель непрямого действия	76
Пластинчатый паротеплообменник	80
Замерный сепаратор	83
Резервуар сепаратора	84
Замерный сепаратор типа N (48 д. x 12,5 фт., 1440 psi)	89
Горизонтальный замерный сепаратор (42 д. x 10 фт., 1440 psi)	91
Замерный сепаратор типа G (42 д. x 15 фт., 720 psi)	94
Вертикальный газовый сепаратор (2200 psi)	95

Нефтяной и газовый манифольды.....	98
Нефтяной манифольд.....	98
Газовый манифольд.....	100
Мерные ёмкости.....	102
Герметичная вертикальная мерная ёмкость.....	102
Мерная ёмкость атмосферного давления.....	106
Перекачивающий насос.....	109
Центробежный перекачивающий насос.....	110
Перекачивающий насос винтового типа.....	112
Шестеренчатый перекачивающий насос.....	114
Горелки для сжигания нефтепродуктов и стрелы.....	116
Сферы применения.....	116
Преимущества и характеристики.....	116
Функционирование.....	116
Горелка EverGreen.....	117
Горелка повышенной мощности Green Dragon.....	122
Горелка для сжигания бурового раствора.....	125
Выносная стрела горелки.....	127
Стандартная стрела горелки.....	129
Стрела горелки работы в особых условиях.....	129

Книга 4. Услуги по получению данных

Контрольно-измерительная станция-лаборатория.....	5
Экологические параметры.....	5
Описание лаборатории.....	6
Метрология.....	7
Статические параметры.....	8
Точность.....	8
Разрешающая способность.....	12
Стабильность.....	13
Чувствительность.....	13
Динамические параметры.....	15
Переходный отклик при изменении температуры.....	15
Переходный отклик при изменении давления.....	16
Динамический отклик при резком изменении давления и температуры.....	17
Многофазные расходомеры.....	18
Рабочие диапазоны.....	19
Датчики.....	27
Система регистрации наземных параметров испытаний.....	27
Система SMART.....	29
STAF.....	29
Датчик абсолютного давления.....	31
Датчик давления STPS-A.....	31
Датчик давления STPS-C/D.....	31
Датчик дифференциального давления.....	33
Датчик температуры.....	35
Импульсный датчик расходомера.....	36
Усовершенствованный расходомер для жидкости.....	37
Универсальная платформа давления (UPP).....	39
Требования к манометрам.....	40

Надежность	40
Качество данных	40
Гибкость	40
Универсальность UPP	41
Манометр UNIGAGE	42
Манометр UNIGAGE CQG	44
Измерение в одной точке	44
Применение	46
Достоинства и характеристики	47
Кварцевый манометр UNIGAGE	50
Применение	51
Достоинства и характеристики	53
Манометр UNIGAGE H-Sapphire	56
Уникальная конструкция	56
Эффективность исследований	56
Манометр UNIGAGE Sapphire	60
Достоинства	60
Монолитная секция регистратора и чувствительного элемента	60
Эффективность исследований	60
Программирование манометра UPP	65
Опция защиты памяти	65
Регистрация полной истории работы манометра	65
Возможность коммуникации через батарею	66
Получение отчётов и передача данных	66
Калибровка манометров	66
Система DataLatch	67
Держатель манометров DST	75
Преимущества и функциональные возможности DGA	77
DGA с забойным кабельным переходником LINC	79
Забойный соединительный узел LINC	81
Инструмент спуска LINC	83
Забойные инструменты для закрытия скважины	85
Многокабельный забойный инструмент для закрытия скважины	88
Инструмент для закрытия скважины без взрывчатых веществ	91
Преимущества и функциональные возможности EFST	91

Введение

Эта первая книга по услугам фирмы "Шлюмберже" (Schlumberger) в области испытания скважин знакомит с процессом испытаний скважин на продуктивность и описывает типы испытаний и принципы проектирования. Эти данные являются основой для других книг по скважинному оборудованию для опробования и испытания пластов, по системам техники безопасности, по методике испытаний скважин и по системам получения данных. Дополнительные книги будут подготовлены по работам по отбору проб и по подводным системам большого диаметра. В данной книге также содержатся список торговых марок и список сокращений и условных обозначений.

Испытание скважины

Испытания в нефтяных и газовых скважинах проводят на различных стадиях строительства, заканчивания и эксплуатации скважин. Цель испытаний на каждой стадии предусматривает проведение работ, начиная от простого определения характеристик добываемых флюидов и продуктивности пластов и заканчивая получением всего комплекса коллекторских характеристик. Большинство испытаний скважин можно отнести к испытанию на продуктивность или испытанию на получение характеристик.

Испытания скважин на продуктивность выполняют со следующей целью:

- опознать добываемые флюиды и определить их соответствующие объемные доли
- замерить пластовое давление и температуру
- отобрать пробы, отвечающие требованиям выполнения PVT-анализа (давление-объем-температура)
- определить продуктивность скважины
- оценить эффективность заканчивания скважины
- охарактеризовать степень повреждения скважины
- оценить результаты капитального ремонта скважины или работ по интенсификации притока в скважину

Цели испытаний не определяют характеристик следующие:

- оценка коллекторских параметров
- характеристика пластовой однородности
- оценка размеров и геометрии пластов
- определение гидравлической связи между скважинами

Какими бы ни были цели испытаний, данные испытаний скважины необходимы для анализа, прогнозирования и улучшения продуктивности пласта. Эти характеристики, в свою очередь, важны для оптимизации разработки коллекторов и эффективного управления промыслом.

Технология испытания скважин быстро развивается. Объединение с данными из других дисциплин, имеющих отношение к коллекторам, непрерывное усовершенствование интерактивного программного обеспечения для анализов нестационарных явлений, модернизация забойных датчиков и улучшение контроля обстановки на забое значительно повысили важность и возможности испытания скважин.

Испытание скважины на продуктивность

Испытание скважины на продуктивность, которое является самым простым видом испытаний, позволяет осуществить идентификацию добываемых флюидов, отобрать представительные пробы и определить продуктивность коллекторов. Пробы пластовых флюидов используют для PVT-анализа, который позволяет выявить, как углеводородные фазы сосуществуют при различных давлении и температуре. PVT-анализ также дает возможность получения физических характеристик флюидов, необходимых для анализа результатов испытаний скважин и для моделирования притока флюидов. Для промышленной разработки месторождений основной задачей является определение параметров продуктивности пластов.

Оценка продуктивности коллекторов требует определения связи дебита скважины и депрессии на забое. Это можно определить при отработке скважины с различными дебитами на штуцерах различных размеров (Рис. 1а) с одновременным замером стабилизированного забойного давления и температуры для каждого соответствующего штуцера (Рис. 1б).

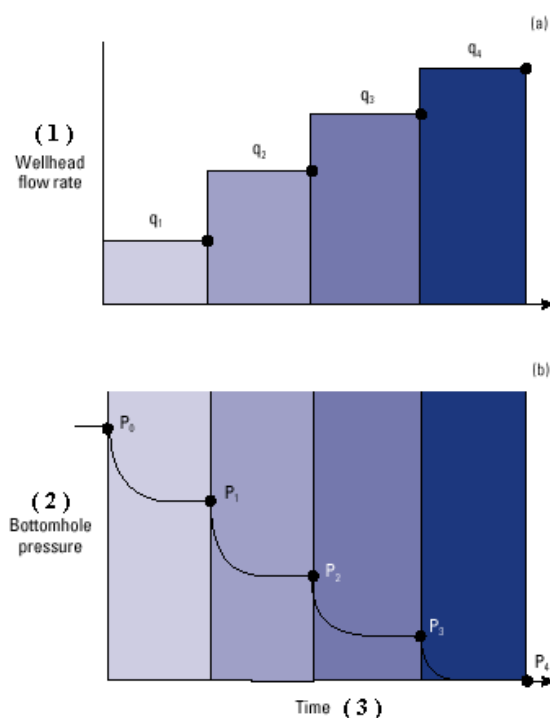


Рис. 1. Отношение между дебитом скважины (q) и депрессией на забое (P)

- (1) - Дебит скважины на ее устье
- (2) - Забойное давление
- (3) - Время

График зависимости забойного давления от дебита скважины называется индикаторной диаграммой. Для условий однофазной нефти индикаторная диаграмма представляет собой прямую линию, и точка ее пересечения с вертикальной осью даёт величину статического пластового давления. Величина, обратная к наклону кривой, представляет собой коэффициент продуктивности скважины. На индикаторную диаграмму оказывают влияние характеристики системы порода-флюид и призабойные условия.

На Рис. 2 показаны примеры индикаторных диаграмм для низкой (А) и высокой (В) продуктивности. Более крутая прямая соответствует низкой продуктивности, которая может быть вызвана либо плохими пластовыми характеристиками в отношении притока (низким значением гидропроводности, т.е., произведением коэффициента подвижности на мощность продуктивной зоны), либо повреждениями за счет бурения или заканчивания скважины (высокий скин-фактор). Для газовых скважин индикаторные диаграммы характеризуются выпуклой формой (С), объясняемой дополнительным падением давления в результате инерционных и турбулентных явлений в потоке газа вблизи ствола скважины и за счет изменения свойств газа с изменением давления. Нефтяные скважины, эксплуатируемые при давлении ниже давления насыщения, также имеют выпуклую форму кривой, но это объясняется изменениями в относительной проницаемости за счет изменений в распределении насыщения.

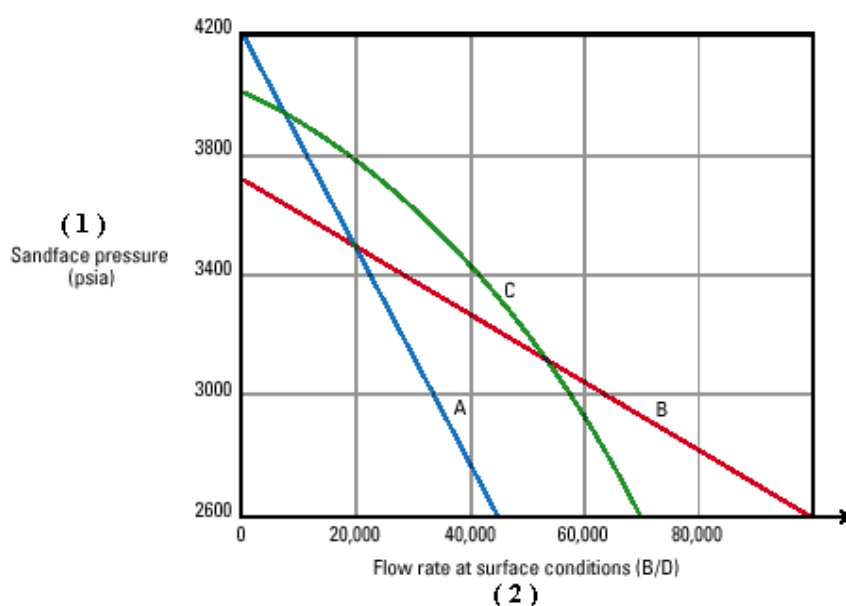


Рис. 2. Типичные индикаторные диаграммы

(1) - Забойное давление (абсолютное давление в фунтах на кв. дюйм)

(2) - Дебит на поверхности (баррелей в сутки)

Испытание скважин на определение призабойных условий и характеристик пласта

Оценка производительности пласта, определение степени повреждения скважины и оценка результатов капитального ремонта скважины или работ по интенсификации притока требуют выполнения испытаний на неустановившихся режимах, так как испытания на установившихся режимах не дают возможности получения определённых величин гидропроводности и скин-эффекта. Испытания на неустановившихся режимах проводят с использованием резких изменений в поверхностных дебитах при регистрации соответствующих изменений в забойном давлении. Резкие изменения в давлении проникают намного дальше за пределы прискважинной зоны, поэтому испытания на неустановившихся режимах являются одним из наиболее важных инструментов по определению пластовых характеристик. Такой вид испытаний часто называют описательным испытанием или испытанием пластов.

Изменения дебитов во время испытаний скважин на неустановившихся режимах создают возмущения давления в стволе скважины и в окружающей породе. Эти возмущения давления проникают в пласт, и на них различное влияние оказывают характеристики породы. Например, возмущение давления будет плохо распространяться в зоне плотного коллектора, но будет легко проходить через высокопроницаемые интервалы. Оно может уменьшиться или совсем исчезнуть при вхождении в газовую шапку. Поэтому зависимость забойного давления от времени является кривой, вид которой определен уникальными характеристиками коллектора.

Расшифровка информации, содержащейся в кривых изменения давления, является основной целью интерпретации результатов испытания скважины. Для достижения этой цели при анализе кривые изменения давления отображаются в трех различных системах координат:

- в двойных логарифмических (для определения модели поведения коллектора)
- в полулогарифмических (для расчета параметров)
- в прямоугольных (для проверки полученных модели и параметров).

Типичное поведение давления, которое можно наблюдать с различными пластовыми характеристиками, представлено на Рис. 3. Каждая диаграмма состоит из двух кривых в системе двойных логарифмических координат. Верхняя кривая представляет изменения давления, связанные с резким изменением дебита, а нижняя кривая (называемая производной) отображает скорость изменения давления со временем. Высокая чувствительность производной к переходным характеристикам, зависящим от геометрии скважины и коллектора (которые очень трудно уловимы на кривой изменения давления), позволяет использовать кривую производной как единственный наиболее эффективный инструмент интерпретации. Однако ее всегда рассматривают вместе с кривой изменения давления для определения скин-эффекта, который нельзя определить только по производной.

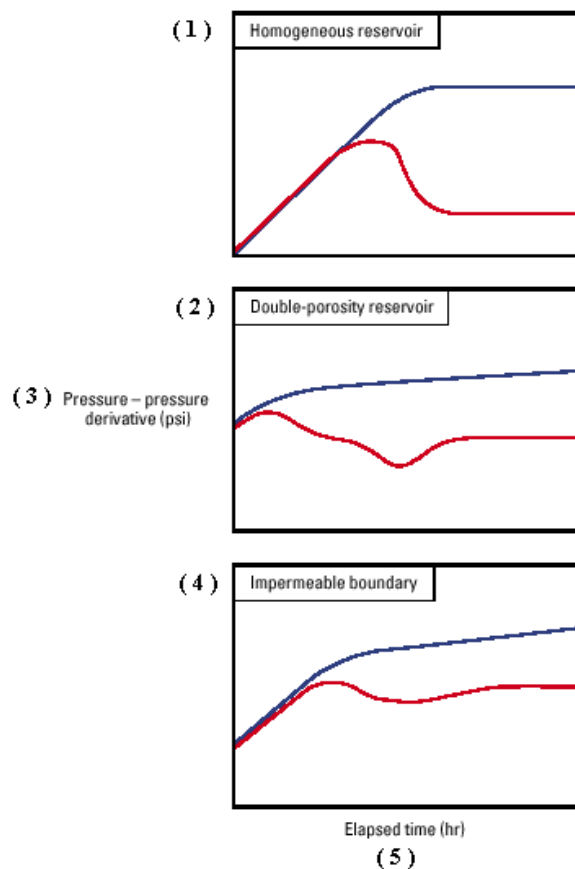


Рис. 3. Диаграммы изменения давления на неустановившихся режимах в системе двойных логарифмических координат.

- (1) - Однородный коллектор
- (2) - Коллектор с двойной пористостью
- (3) - Давление и производная давления (фунт на кв. дюйм)
- (4) - Непроницаемая граница
- (5) - Время регистрации отклика (часы)

Анализ кривых изменения давления, по-видимому, представляет больше информации о коллекторских характеристиках, чем какой-либо другой метод. Горизонтальная и вертикальная проницаемость, пластовое давление, повреждённость призабойной зоны, длина трещин при гидроразрыве, доля пористости, приходящейся на трещины и коэффициент межпорового потока - вот только некоторые характеристики, которые могут быть определены. Кроме того, кривые изменения давления могут указывать на протяжённость коллектора и на геометрию границ. На Рис. 4 видны влияние внешней границы коллектора и последствия ликвидации повреждённости призабойной зоны.

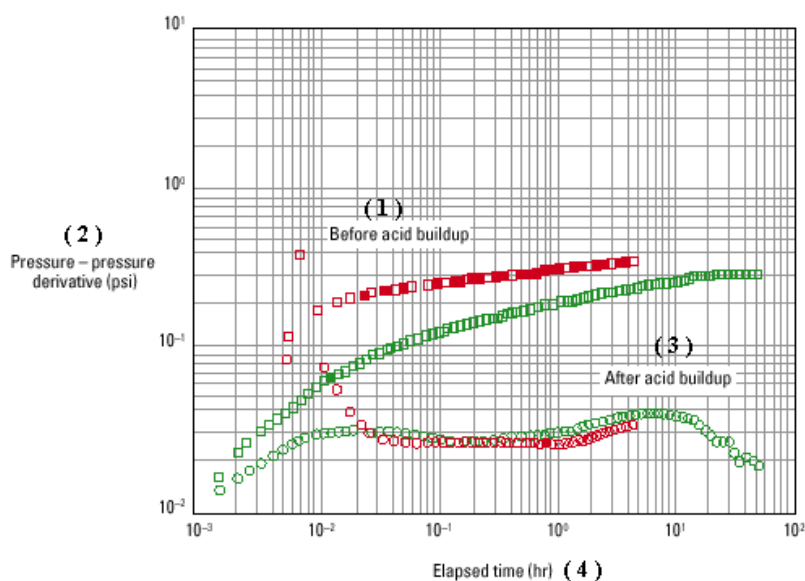


Рис. 4. Влияние внешних границ и влияние ликвидации повреждённости призабойной зоны по данным кривых восстановления давления.

- (1) – КВД до кислотной обработки
- (2) - Давление и производная давления (фунты на кв. дюйм)
- (3) – КВД после кислотной обработки
- (4) - Время после остановки скважины (часы)

Однако на форму кривой изменения давления также оказывает влияние история эксплуатации коллектора. Каждое изменение темпа добычи создает новый перепад давления, который сказывается на коллекторе и накладывается на результаты предыдущих перепадов давления. Наблюдаемые давления в стволе скважины являются результатом наложения всех этих перепадов давления.

Путем изменения темпов добычи можно получить различные типы испытаний скважины. В то время как испытание на восстановление давления проводят путем закрытия клапана в работающей скважине, испытание на падение давления осуществляют путем возвращения скважины в эксплуатацию. Возможны также другие виды испытаний скважины, такие как испытание с разными дебитами, одновременное испытание нескольких скважин, изохронное испытание и испытание нагнетательных скважин на резкое падение темпов нагнетания.

Для моделирования отклика коллектора на изменение дебита используют математические модели. При интерпретации результатов испытаний скважины сравнивают наблюдаемые и моделированные отклики коллекторов для проверки точности моделирования. Например, путем изменения параметров модели, таких как проницаемость или расстояние от скважины до разлома, можно добиться хорошего соответствия между реальными и моделированными данными. Тогда считают, что параметры модели хорошо описывают реальный коллектор.

Современные компьютерные модели обладают большей гибкостью и повышают точность соответствия между реальными и моделированными данными. В настоящее время можно сравнивать почти неограниченное количество моделей коллекторов с полученными данными.

Программа испытания скважины

Разработка и выполнение программы испытания скважины более не может проводиться согласно стандартным или традиционным приблизительным методикам. Все более сложная практика разработки коллектора и его менеджмента, строгие требования в отношении техники безопасности, экологические ограничения и все возрастающая потребность в экономической эффективности требуют, чтобы вся последовательность операций по испытанию от проектирования программы до оценки данных была выполнена профессионально. Правильная программа испытания, соответствующая обработка поступившего на поверхность продукта из скважины, высокоэффективные измерительные и контрольные инструменты, гибкие компоновки забойного инструмента и перфораторов, оценка параметров непосредственно на месторождении и тщательная интерпретация являются ключевыми предпосылками для успешного испытания скважины.

Невозможно переоценить важность точно обозначенных целей и тщательного планирования. Проектирование испытания скважины включает разработку динамической последовательности измерений и выбор оборудования, с помощью которого можно получить данные непосредственно на месторождении на эффективной экономической основе. Проектирование испытания лучше всего осуществлять с помощью интегрированного программного обеспечения, где для интерпретатора одновременно доступны проинтерпретированные каротажные диаграммы по необсаженной скважине, результаты анализа оптимизации добычи, проекты перфорации скважины и ее заканчивания и модули по интерпретации результатов испытания пластов.

Первый шаг при проектировании испытания предусматривает разделение коллектора на вертикальные зоны, используя для этого каротажные диаграммы, снятые в необсаженной скважине, а также геологические данные. Затем определяют типы параметров скважины и коллектора, которые необходимо получить во время испытания. В зависимости от решаемой задачи (характера информации, которую требуется получить) определяется и тип испытания скважины (Таблица 1).

Таблица 1. Обзор различных типов испытаний скважины

Тип испытаний	Условия измерений			Отличительные характеристики	Проектные особенности
	При отборе	Закрыва-тая	Импуль-сный отбор		
Испытание с закрытой камерой	*	**	**	Закрыта на забое	Длина камеры и подушки; последовательность открытия/закрытия клапана
Испытание при отборе с постоянным давлением	**		**	Требуется измерений динамики дебита	Чувствительность к дебиту
Опробование пластоиспытателем на трубах	*	**		Закрыта на забое; необсаженная или обсаженная скважина	Последовательность/продолжительность отбора и закрытия
Испытание пласта	**	**		Испытание проводится на стенке ствола скважины; отбор проб пластового флюида	Определение размера/выбор модуля инструмента; чувствительность давления
Испытание горизонтальной скважины	**	**		Испытательное оборудование обычно размещается в вертикальной части ствола скважины	Сводит до минимума воздействие ствола скважины на регулирование притока; требует проведения длительного испытания
Импульсное испытание	**	**		Неустановившийся режим создается за счет коротких импульсов	Компромисс между продолжительностью импульса и чувствительностью давления
Динамическое испытание нескольких пластов	**	**		Испытание на нескольких параметрах дебита; давление и дебит замеряются на нескольких глубинах	Чувствительность дебита/давления; последовательность операций испытания; глубины измерений
Гидропрослушивание между несколькими скважинами	**	**	*	Возмущение давления в активной скважине, замеры в наблюдательной скважине	Продолжительность испытания; чувствительность давления
Испытание скважины, оборудованной насосом		**		Забойное давление замеряется или рассчитывается на основе замеров уровня флюида	Забойный датчик давления, наземный акустический зонд
Испытание при стабилизированном дебите	**			Включает испытания: изохронное, отбор-после-отбора, на продуктивность; эксплуатационный каротаж	Время для достижения стабилизации
Испытание при ступенчатом дебите	**			Испытание на приток для определения давления разрыва в нагнетательной скважине	Диапазон изменения давления при отборе должен включать давление разрыва
Испытание при перфорации	**	**	**	Испытательное оборудование и перфораторы на одной колонне	Определение депрессии
Испытание при неустановившихся дебите и давлении	**	**		Измерение забойного давления, дебита, температуры и (обычно) плотности	Чувствительность дебита/давления
Вертикальное гидропрослушивание	*	**	*	Возмущение создано на одной глубине и замерено на другой	Продолжительность испытания; чувствительность давления

* Может применяться при определенных условиях

** Обычная практика для данного испытания

После определения типа испытания рассчитывают последовательность изменений в поверхностном дебите, которые должны произойти во время испытания. Изменения дебита и их продолжительность должны быть реалистичными и практическими, чтобы они позволили получить ожидаемые интерпретируемые картины в данных испытаний. Это лучше всего достигается путем подбора соответствующей модели коллектора и заблаговременного моделирования всей последовательности испытания (Рис. 5 и 6). Моделирование последовательности испытания позволяет изучить весь диапазон возможных измерений давления и дебитов. Моделирование также помогает определить типы приборов, способных произвести измерение в ожидаемых диапазонах величин. Для определения моментов проявления таких важных характеристик, как окончание влияния ствола скважины, продолжительность бесконечно-радиального потока и начала отклика всей системы в трещиноватом коллекторе необходимо изучить диагностические диаграммы моделированных данных. Эти диаграммы могут также помочь предвидеть влияние внешних границ, включая непроницаемые или частично проницаемые разломы и границы постоянного давления.

Следующим шагом является подготовка диаграмм чувствительности для определения результатов воздействия коллекторских параметров на продолжительность различных режимов притока.

Окончательным шагом процесса проектирования испытания является выбор измерительных приборов и оборудования для регистрации данных. Наземное и забойное оборудование должно быть эффективным для обеспечения надежной и гибкой работы. При этом следует учитывать следующие ключевые факторы:

- контроль забойной обстановки для сведения до минимума влияния ствола скважины на регулирование притока
- объединение перфорационного и испытательного оборудования для сокращения до минимума времени использования буровой установки
- использование сверхвысокоточных манометров, когда цели испытаний требуют получения детального описания коллектора
- выбор надежных глубинных манометров для обеспечения того, чтобы ожидаемые данные были получены после подъема инструмента из скважины
- подбор наземного оборудования для безопасной работы с ожидаемым дебитом и давлением
- утилизация полученных флюидов с помощью способов, не наносящих ущерб окружающей среде

Каким бы ни был проект испытаний, важно обеспечить, чтобы все данные были получены с наилучшей точностью. Чтобы добиться этого, необходимо иметь хорошее понимание имеющегося оборудования и его возможного воздействия на качество данных.

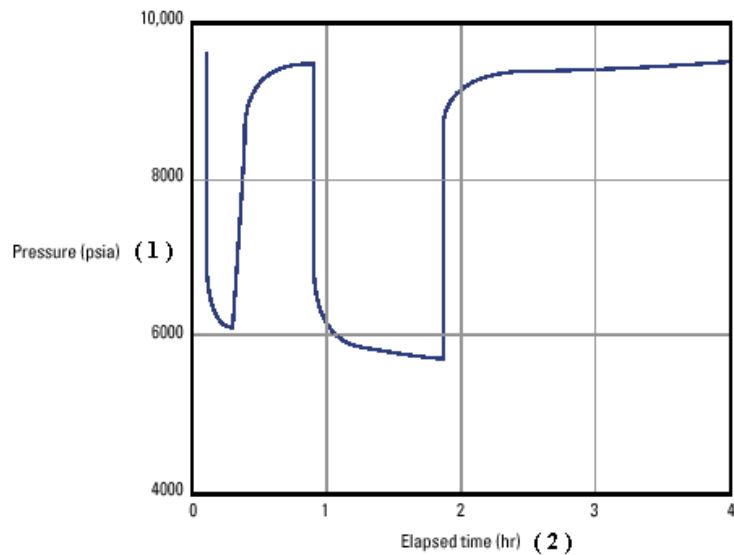


Рис. 5. Моделированное изменение давления
 (1) - Давление (абсолютное в фунтах на кв. дюйм)
 (2) - Время регистрации (часы)

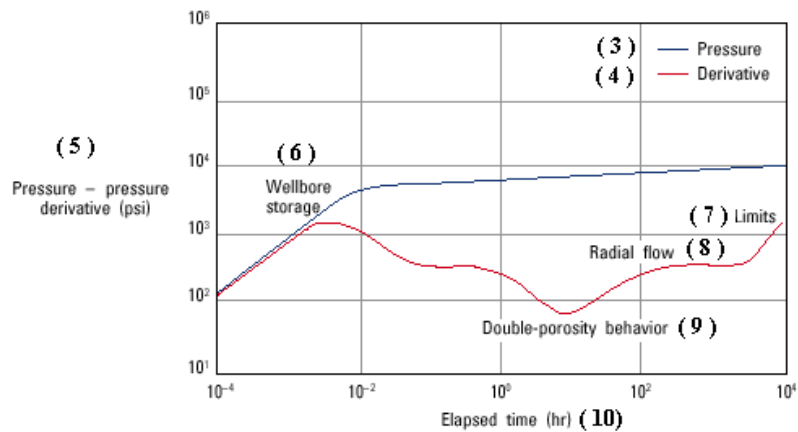


Рис. 6. Диаграмма определения типа притока при проектировании испытания
 (3) - Давление
 (4) - Производная
 (5) - Давление – Производная давления (фунты на кв. дюйм)
 (6) – Влияние ствола скважины
 (7) - Границы
 (8) - Радиальный поток
 (9) - Влияние двойной пористости

Торговые марки

Марки фирмы "Шлюмберже"

Марка	Написание или описание
CQG	Crystal Quartz Gauge - манометр с кристаллическим кварцем
DataLatch	забойный регистратор/передатчик, спускаемый на электрическом кабеле
EverGreen	горелка для скважинных флюидов с минимальным воздействием на окружающую среду
E-Z Tree	извлекаемая арматура для контроля скважины
E-Z Valve	извлекаемый клапан для контроля скважины
Green Dragon	высокоэффективная горелка
HPR	Hostile Environment Pressure Recorder – глубинный манометр для условий враждебной среды
HSD	High Shot Density gun system – перфоратор с высокой плотностью перфорационных отверстий
IRIS	Intelligent Remote Implementation System – высокоэффективная дистанционная система исполнения
LINC	LWD Inductive Coupling tool – индуктивный кабельный замок для передачи данных при испытании
MFE	Multiflow Evaluation tool – испытатель пластов многократного действия
PCT	Pressure Controlled Tester – испытатель пластов, управляемый давлением
PERFPAC	метод контроля пескопроявления
PhaseTester	портативный многофазный расходомер для периодического испытания скважины
PORT	Pressure Operated Reference Tool – эталонный инструмент, управляемый давлением
PosiTest	извлекаемый пакер сжатия
Positrieve	извлекаемый пакер сжатия с предотвращением движения вверх
QUANTUM	семейство пакеров для гравийной намывки
Sandec	оборудование обнаружения пескопроявления
Sapphire	Манометр
SenTREE	короткая универсальная подводная испытательная фонтанная арматура
SMART	Schlumberger Modular Acquisition Recording Terminal – модульный регистрирующий терминал получения данных фирмы "Шлюмберже"
UNIGAGE	семейство манометров
Vx	технология многофазных расходомеров для испытаний скважин

Другие торговые марки

Марка	Компания
Aflas®	Зарегистрированная торговая марка компании Asahi Glass Co, Ltd.
Barton®	Зарегистрированная торговая марка компании Barton Instrument Systems, LLC.
Daniel®	Зарегистрированная торговая марка компании Daniel Industries, Inc.
Floco®	Зарегистрированная торговая марка компании Barton Instrument Systems, LLC.
HASTELLOY®	Зарегистрированная торговая марка компании Haynes International, Inc.
HP®	Зарегистрированная торговая марка компании Hewlett-Packard.
Kimray®	Зарегистрированная торговая марка компании Kimray, Inc.
Lee Jeva®	Зарегистрированная торговая марка компании Lee.
Quartzdyne®	Зарегистрированная торговая марка компании Quartzdyne Inc.
Ranarex®	Зарегистрированная торговая марка EG&G Chandler Engineering Company.
Rotron™	Зарегистрированная торговая марка компании Ametek, Inc.
Unix®	Зарегистрированная торговая марка компании The Open Group.
Viton®	Зарегистрированная торговая марка компании DuPont Dow Elastomers L.L.C.
Windows™	Зарегистрированная торговая марка компании Microsoft Corporation.

Сокращения и условные обозначения

ΔP	дифференциальное давление
μ	вязкость
ρ	плотность
A	площадь
ADC	analog-to-digital converter – аналого-цифровой преобразователь
ANSI	American National Standards Institute – Американский национальный институт стандартов
API	American Petroleum Institute – Американский нефтяной институт
ASCII	American Standard Code for Information Interchange – Американский стандартный код для обмена информацией
ASIC	application-specific integrated circuit – специализированная ИС
ASME	American Society of Mechanical Engineers – Американское общество инженеров-механиков
BHA	bottomhole assembly – компоновка забойных инструментов
BHP	bottomhole pressure – забойное давление
BOP	blowout preventer – противовыбросовый превентор
BOST	Battery-Operated Shut-In Tool – инструмент закрытия скважины, управляемый от батареи
BOV	bleed-off valve – выпускной клапан
C	concentration – концентрация
C _d	drag coefficient - коэффициент волочения
CaBr	бромистый кальций
CCL	casing collar log – каротаж муфтовых соединений обсадной колонны
CEC	Commission for Environmental Cooperation – Комиссия по экологическому сотрудничеству
CENELEC	Comite Europeen de Normalisation Electrotechnique – Европейский комитет электротехнических стандартов
CO ₂	углекислый газ
CT	coiled tubing – гибкие насосно-компрессорные трубы
CTU	cumulative tool usage – общая длительность использования прибора
CV	circulating valve – циркуляционный клапан
DAC	digital-to-analog converter – цифро-аналоговый преобразователь
DAV	Dual-Action Valve – клапан двойного действия
DGA	DST gauge adapter – держатель скважинных манометров в компоновке DST
DHSIT	downhole shut-in tool – забойный инструмент для закрытия скважины
dm	диаметр капли
DNV	Det Norske Veritas
DST	drillstem test – исследование скважины испытателем пластов, спущенным на бурильной колонне

DWLA	DST LINC wireline adapter – кабельный переходник DST LINC
DWT	deadweight tester – грузопоршневой манометр
EEPROM	electrically erasable (user) programmable read-only memory – программируемое ПЗУ с электрическим стиранием
EFST	explosive-free shut-in tool – инструмент для закрытия скважины невзрывного типа
ELMF	enhanced liquid measurement flowmeter – усовершенствованный измерительный расходомер для жидкости
EMC	electromagnetic compatibility – электромагнитная совместимость
EN	European standards – европейские стандарты
EOP	extreme overbalanced perforating – перфорирование в условиях очень высокого давления
ERS	Easy Record Software – программа для работы со скважинными манометрами
ESD	emergency shutdown – аварийная остановка/закрытие
ESFA	EFST actuator – управляющий механизм EFST
EZGC	subsea pressure and temperature carrier – подводный держатель манометров
EZTH	latch assembly of SenTREE 3 system – замковая сборка системы SenTREE 3
EZTM	system SenTREE 3 – система SenTREE 3
EZTV	valve assembly of SenTREE 3 system – клапанная сборка системы SenTREE 3
EZV	valve E-Z – клапан E-Z
FASC	Fullbore Annular Sample Chamber – кольцевая камера полнопроходного пробоотборника
FHH	data header flowline tool – приспособление для установки приборов на линии притока
FLXH	Flex-Pac hydraulic hold-down – гидравлический якорь Flex-Pac
FLXP	Flex-Pac retrievable packer – извлекаемый пакер Flex-Pac
FPM	Formation Protection Module – модуль защиты пласта
GFI	ground fault interruption – предохранитель от замыкания на массу
GLR	gas/liquid ratio – газожидкостный фактор
GOR	gas/oil ratio – газовый фактор
GR	gamma ray – гамма-излучение
GUI	graphical user interface – графический интерфейс пользователя
GVF	gas volume fraction – объемная доля газа
h	height – высота
H ₂ S	hydrogen sulfide – сероводород
HAZOP	Hazard and Operability – анализ возможных опасностей при проведении испытания скважины
HCl	hydrochloric acid – соляная кислота
HF	hydrofluoric acid – плавиковая кислота
HOOP	hold-open – модуль удержания в открытом состоянии

HPHT	high pressure, high temperature - высокое давление, высокая температура
HSE	health, safety and environment – охрана здоровья, труда и окружающей среды
ID	inside diameter – внутренний диаметр
IEC	International Electrotechnical Commission – международная электротехническая комиссия
IRDV	IRIS dual-valve tool – инструмент IRIS с клапаном двойного действия
ISO	International Standards Organization – Международная организация по стандартам
L	length – длина
LCD	liquid crystal display – дисплей на жидких кристаллах
LDCA	DLWA/LINC downhole coupler assembly – сборка забойного соединительного узла DLWA/LINC
LRT	LINC running tool – инструмент спуска LINC
LRTC	LINC running tool cartridge – патрон инструмента спуска LINC
LRTL	LINC running tool latch – замок инструмента спуска LINC
LSCI	LINC surface computer interface – наземный интерфейс компьютера LINC
LUBV	lubricator valve – буферная задвижка
max	maximum – максимум
MCCV	multicycle circulating valve – многоцикловой циркуляционный клапан
MCVL	multicycle circulating valve with lock – многоцикловой циркуляционный клапан с замком
min	minimum – минимум
MIRV	multiple-opening, internally operated reversing valve – реверсивный клапан многократного действия с внутренним управлением
MQD	mean quadratic deviation – среднеквадратичное отклонение
MSDST	multislickline downhole shut-in tool – многокабельный забойный инструмент для закрытия скважины
NACE	National Association of Corrosion Engineers – Национальная ассоциация инженеров-коррозионистов
NACE MR-01-75	NACE specifications for oilfield equipment material requirements – характеристики NACE для требований к материалам для нефтепромыслового оборудования
NEC	National Electrical Code – Национальный электрический стандарт
NPD	Norwegian Petroleum Directorate – Норвежский нефтяной директорат
NPT	National Pipe Thread – национальная трубная резьба
OD	outside diameter – наружный диаметр
P	pressure – давление
P _a	applied pressure – приложенное давление
P _c	computed pressure – расчетное давление
P _{max}	maximum pressure – максимальное давление
PC	personal computer – персональный компьютер

PCTV	PCT valve – клапан PCT
PFSV	pump-through flapper safety valve – прокачиваемый откидной предохранительный клапан
PIPK	Positrieve packer – пакер Positrieve
PowerLINC	power-latched inductive coupling – индуктивный соединительный узел с управляемым замком
PSPC	compression-set PosiTest packer – пакер PosiTest с установкой с помощью усилия на сжатие
PSPK	PosiTest cased hole packer – пакер PosiTest для обсаженной скважины
PTSV	pump-through safety valve – прокачиваемый предохранительный клапан
PTV	pipe tester valve – трубный испытательный клапан
PVT	pressure-volume-temperature – давление-объем-температура
Q	capacity – мощность
q	flow rate – дебит
RA	radioactive – радиоактивный
Re	Reynolds number – число Рейнольдса
RETV	retainer valve in SenTREE 3 system – обратный клапан в системе SenTREE 3
RIH	running in hole – спуск в скважину
RSM	riser sealing mandrel – уплотнительная оправка райзера
S.A.	Stub Acme – патрубок Acme
S.A.T.	Safety Analysis Table – таблица результатов анализа техники безопасности
SBSA	SMART Basic Services Acquisition – интерфейс SMART для работы со скважинными приборами
SBSV	single-ball safety valve – одношаровой предохранительный клапан
SCPU	SMART Central Processing Unit – главный компьютер SMART
SCSSV	surface controlled subsurface safety valve – подземный предохранительный клапан, управляемый с поверхности
SHORT	single shot hydrostatic overpressure reverse tool – одноразовый реверсивный инструмент для повышенного гидростатического давления
SHRT	hydrostatic reference tool – гидростатический эталонный инструмент
SHRV	single-shot hydrostatic overpressure reverse tool – одноразовый реверсивный инструмент для повышенного гидростатического давления
SHRV-T	single-shot hydrostatic overpressure reverse valve (internal/external) – реверсивный клапан одноразового действия для повышенного гидростатического давления (внутренний/наружный)
SJB	safety joint – безопасный замок
SLPJ	slip joint – телескопическое соединение
Sn	sensor output – данные датчика
SORTIE	single-shot hydrostatic overpressure reverse valve (internal/external) – реверсивный клапан одноразового действия для повышенного гидростатического давления (внутренний/наружный)

SRC	Schlumberger Reservoir Completions Center – Центр вскрытия пласта компании Schlumberger
SRO	surface readout – наземная регистрация данных
SSV	surface safety valve – наземный предохранительный клапан
STAF	surface testing acquisition front end – наземный интерфейс получения данных испытаний
STAN	surface testing acquisition network – наземная система получения данных испытаний
SXAR	explosive automatic gun release sub – взрывной автоматический переводник отсоединения перфоратора
T	temperature – температура
t	time – время
TCP	tubing-conveyed perforating – перфоратор, спускаемый на насосно-компрессорных трубах
TFTV	tubing fill/test valve – клапан для наполнения и опрессовки насосно-компрессорных труб
TTV	tubing test valve – клапан для опрессовки насосно-компрессорных труб
UPP	universal pressure platform – универсальная платформа давления
V_c	critical velocity – критическая скорость
V_s	settling velocity – скорость осаждения
WCQR	UNIGAGE CGR sensor – кварцевый компенсированный манометр UNIGAGE CGR
WP	working pressure – рабочее давление
WT	working temperature – рабочая температура
Z	gas compressibility factor – коэффициент сжимаемости газа
ZnBr	zinc bromide – бромистый цинк