

DOI: <https://doi.org/10.25689/NP.2024.1.89-97>

EDN GOAENU

УДК 622.276.5.001.5

Прогнозирование длительности КВД на основе параметров пласта и заканчивания скважин

Нигаметьянова Г.А., Ишкин Д.З.

ООО «Уфимский Научно-Технический Центр», Уфа, Россия

Research of the degree of PBU curve depending on reservoir parameters and well completions

G.A. Nigametyanova, D.Z. Ishkin

«Ufa scientific and technical center» LLC, Ufa, Russia

E-mail: nigametyanovaga@ufntc.ru

Аннотация. В работе рассматривались вопросы оценки пластового давления на основе гидродинамических исследований скважин (ГДИС) на неустановившихся режимах фильтрации. Смоделированы кривые восстановления давления (КВД) при различных фильтрационно-емкостных свойствах (ФЕС) пласта. Разработан подход, позволяющий принимать решение о завершении исследования на основе скорости изменения давления и достигать заданную степень восстановленности давления, с учетом различных ФЕС пласта.

Ключевые слова: гидродинамические исследования скважин, пластовое давление, восстановление давления, неустановившийся режим фильтрации, кривая восстановления давления

Для цитирования: Нигаметьянова Г.А., Ишкин Д.З. Прогнозирование длительности КВД на основе параметров пласта и заканчивания скважин // Нефтяная провинция.-2024.-№1(37).-С. 89-97. - DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2024.1.89-97>. - EDN GOAENU

Abstract. In this paper the problem of reservoir pressure estimation is considered based on hydrodynamic studies of wells (НРТ) in transient filtration modes. Pressure build-up curves were modeled for different reservoir porosity and permeability properties. An approach has been developed that lets one make decisions to complete the study based on the pressure rate change, and achieve a given pressure build-up amount.

Key words: *well test, reservoir pressure, pressure build-up, pressure transient analysis, pressure buildup curve*

For citation: G.A. Nigametyanova, D.Z. Ishkin Prognozirovaniye dlitel'nosti KVD na osnove parametrov plasta i zakanchivaniya skvazhin [Research of the degree of PBU curve depending on reservoir parameters and well completions]. Neftyanaya Provintsiya, No. 1(37), 2024. pp. 89-97. DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2024.1.89-97>. EDN GOAENU (in Russian)

Введение

Одними из важных инструментов контроля разработки являются гидродинамические исследования скважин на неустановившихся режимах фильтрации. Под исследованиями на неустановившихся режимах фильтрации, понимают анализ кривой изменения давления в скважине, зарегистрированной после ее остановки. На основе ГДИС на неустановившихся режимах фильтрации возможно определение пластового давления двумя способами: восстановление давления (достижение стабилизации давления в остановленной скважине, где последняя точка есть Рпл), выделение радиального режима течения (экспресс-метод - требует меньше времени, чем восстановление давления). На практике полное восстановление давления в скважине, как правило, не достигается, так как требует очень много времени [1, 2]. Например: при подвижности $1.2 \cdot 10^{-13}$ м²/Па·с, полная восстановленность давления достигается за 2000 часов, а восстановление на 95% за 284 часа. Существующие экспресс-методы оценки пластового метода не всегда могут быть применены, из-за технологических или технических проблем. Поэтому, в исследованиях, где экспресс-метод неприменим, принято дожидаться условного восстановления давления, которое определяют из скорости изменения давления. Однако не существует единого критерия восстановленности давления, в разных Компаниях руководствуются различными подходами (например, $3 \cdot 10^5$ Па /сут, $1 \cdot 10^6$ Па /сут и др.). Проблема унифицированного подхода - неприменимость для скважин с различными фильтрационно-емкостными свойствами (ФЕС), так как использование единого

критерия приводит к разной степени восстановленности давления. Поэтому актуальным является разработка критерия восстановленности давления, который будет зависеть от параметров пласта и позволит получать одинаковую степень восстановленности давления. В данной работе выполнена попытка разработать универсальный критерий восстановленности давления, позволяющий оценивать восстановление давления до необходимой величины, для скважин с различными ФЭС.

Постановка задачи

Выполнено моделирование синтетических кривых на основе модели с квадратной геометрий: с двумя непроницаемыми границами и двумя границами постоянного давления на расстоянии 250 метров от скважины, что соответствует девятиточечной системе разработки (Рис. 1).

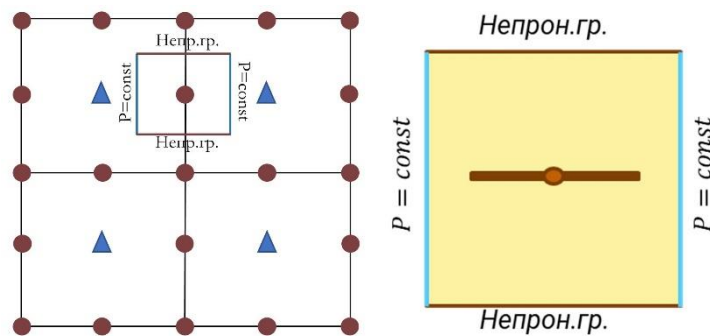


Рис. 1. Геометрия модели

Кривые восстановления давления (КВД) моделировались до достижения полной восстановленности давления (стабилизация), что предполагает неизменность давления от времени. В таких условиях последнее замеренное давление соответствует истинному пластовому давлению. Также рассчитывалось время условного восстановления давления – целевое значение восстановления давления, принятое как 95% степень восстановленности (Рис. 2).

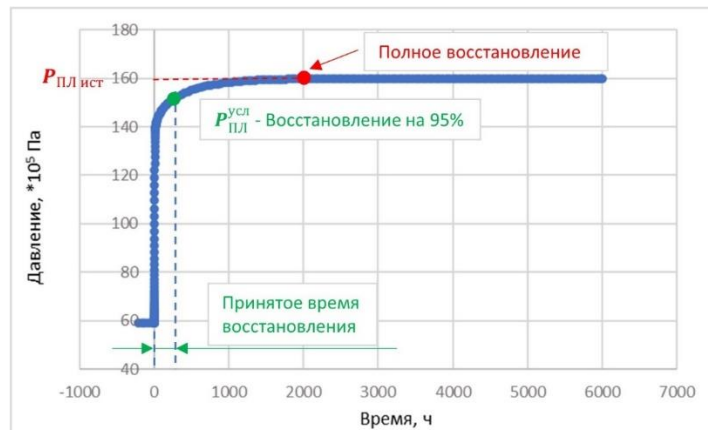


Рис. 2. Полное восстановление давления

По полученным синтетическим кривым восстановления давления (КВД) проведен анализ чувствительности для вертикальной скважины при одинаковых депрессиях на коэффициент влияния ствола скважины, скин-фактор и проницаемость (Рис. 3). Из рис. 3а) видно, что значение ВСС влияет, только на начальный участок кривых изменения давления от времени (до 30-40 часов). Величина скин-фактора оказывает влияние на кривые изменения давления на более поздних временах (до 250 часов) (Рис. 3б). А величина гидропроводности пласта оказывает влияние на всю кривую изменения давления (Рис. 3в).

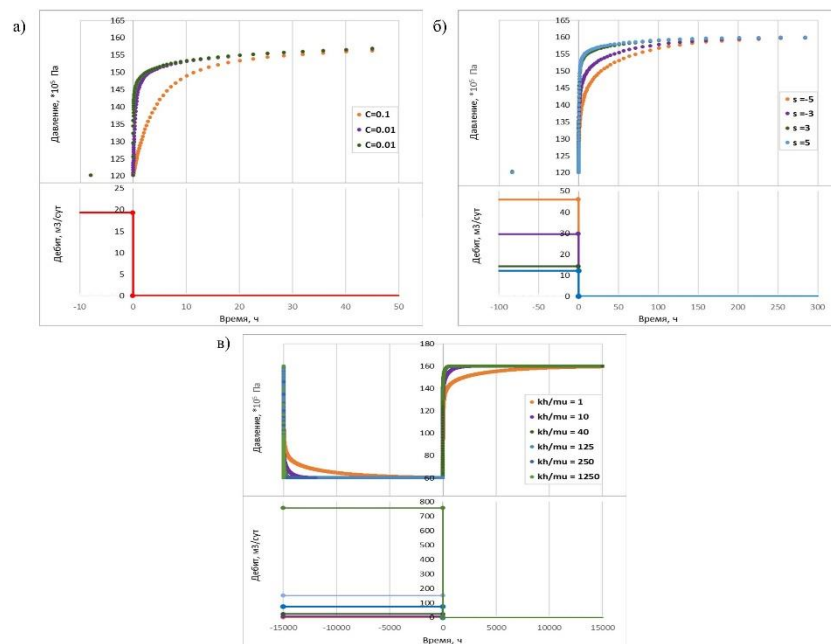


Рис. 3. Модели вертикальной скважины при разных ФЭС: а) коэффициент влияния ствола скважины, б) скин-фактор и в) проницаемость

Выполнен анализ смоделированных кривых изменения давления, для вертикальной скважины при различных значениях подвижности и скин-фактора. На рис. 4 показано, как отличается степень недовосстановленности давления на скважинах с разным значением подвижности, при использовании единого критерия восстановления давления – $3 \cdot 10^5$ Па /сут. При низких значениях подвижности флюида ошибка в определении пластового давления может достигать 15%.

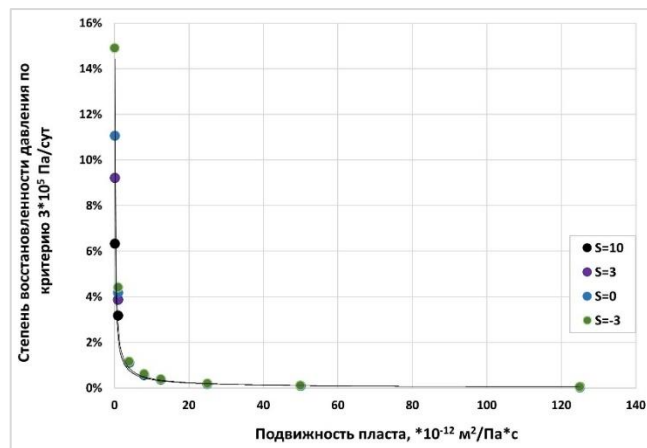


Рис. 4. Расчеты при разных подвижностях и скин-факторах

Кроме ФЕС пласта важным является учет типа заканчивания скважины. На рис. 5 приведены кривые изменения давления для вертикальной скважины и скважины с ГРП при одинаковом значении общего скин-фактора, равного 0 и -3. Видно, что при различных типах заканчивания несмотря на одинаковые параметры системы скважина-пласт, кривые изменения давления различны. Следовательно, для скважин с различным типом заканчивания необходимо применять разные подходы.

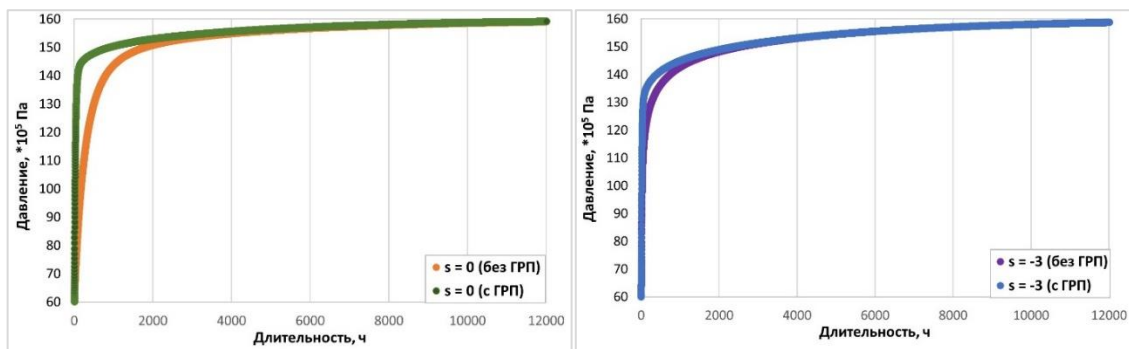


Рис. 5. Влияние типа заканчивания на восстановление давления

Далее был выполнен анализ влияния параметров пласта на время восстановления давления. Кривые смоделированы при различных значениях k , h и μ (Табл. 1), при этом гидропроводность пласта kh/μ для всех примеров одинакова. Установлено, что в таком случае длительности исследования отличаются. Также смоделированы кривые для различных комбинаций параметров k , h и μ , при условии, что для всех моделей значение подвижности одинаково (Табл. 2). В таком случае длительность восстановления давления совпадает. Таким образом, показано, что параметр подвижность, может использоваться для прогнозирования длительности исследования.

Таблица 1

Анализ чувствительности времени восстановления давления от ФЕС

| № скв. | $K, *10^{-13}m^2$ | h, m | $\mu, cПз$ | $kh/\mu, 10^{-12}$ | твосст (95%) |
|--------|-------------------|--------|------------|--------------------|--------------|
| 1 | 4 | 10 | 0.004 | 10 | 367.9 |
| 2 | 5 | 8 | 0.004 | 10 | 296.2 |
| 3 | 4 | 20 | 0.008 | 10 | 729.4 |
| 4 | 10 | 4 | 0.004 | 10 | 160 |

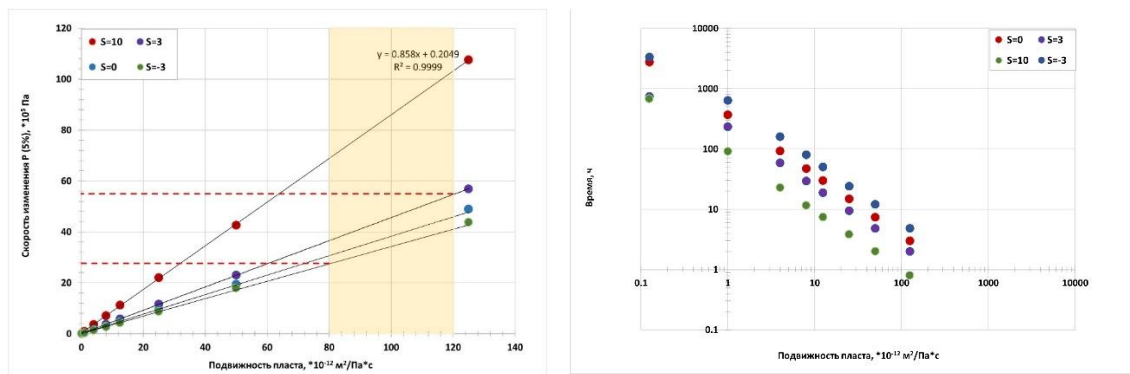
Таблица 2

Анализ чувствительности времени восстановления давления от ФЕС

| № скв. | $K, *10^{-13}m^2$ | h, m | $\mu, cПз$ | $k/\mu, 10^{-12}$ | твосст (95%) |
|--------|-------------------|--------|------------|-------------------|--------------|
| 5 | 4 | 10 | 0.004 | 1 | 368 |
| 6 | 4 | 5 | 0.004 | 1 | 372 |
| 7 | 20 | 20 | 0.0020 | 1 | 364 |
| 8 | 10 | 100 | 0.0010 | 1 | 362 |

Далее выполнены расчеты для выработки критерия восстановленности давления на основе подвижности флюида. Для этого смоделированы кривые восстановления давления при различных значениях подвижности и скин-фактора. На рис. 6 а приведены графики зависимости подвижности от скорости изменения давления, в момент достижения восстановления давления на 95% от пластового. Видно, что зависимость линейна, при этом для каждого значения скин-фактора получена своя зависимость. Таким образом,

данный график может быть применен для оценки критерия восстановленности давления в скважине, при наличии информации о подвижности и скин факторе. Если неизвестны их точные значения, можно рассчитать необходимую скорость восстановления давления для диапазона изменения параметров, тогда критерий восстановления давления также будет представлять из себя диапазон. Аналогично рассчитана зависимость времени достижения 95% восстановленности от подвижности флюида, которая также может быть использована для оценки времени восстановления давления. Для описания подхода рассмотрим пример: На скважине неизвестны точные значения подвижности и скин-фактора. Имеется информация, что подвижность может варьироваться от 80 до $120 \cdot 10^{-12}$ м²/Па*с, а значение скин-фактора от 0 до -3. Тогда на основе имеющейся зависимости (Рис. 6 а) можно посчитать диапазон скорости изменения давления, который будет являться критерием восстановленности давления от 27 до $45 \cdot 10^5$ Па/сут. Такой же подход может быть применен к оценке времени восстановления давления до 95% (Рис. 6б).



а)

б)

Рис. 6. Скорость изменения давления и длительности при восстановленности на 95% от k/μ

На практике параметр подвижность не всегда может быть известен достаточно точно. Еще одним параметром, который может быть использован для получения аналогичной зависимости является коэффициент продуктивности. На рис. 7 построена зависимость скорости изменения давления от ко-

эфициента продуктивности при условно восстановленном пластовом давлении. Данный график может также быть использован для получения критерия восстановленности давления на основе коэффициента продуктивности и скин-фактора.

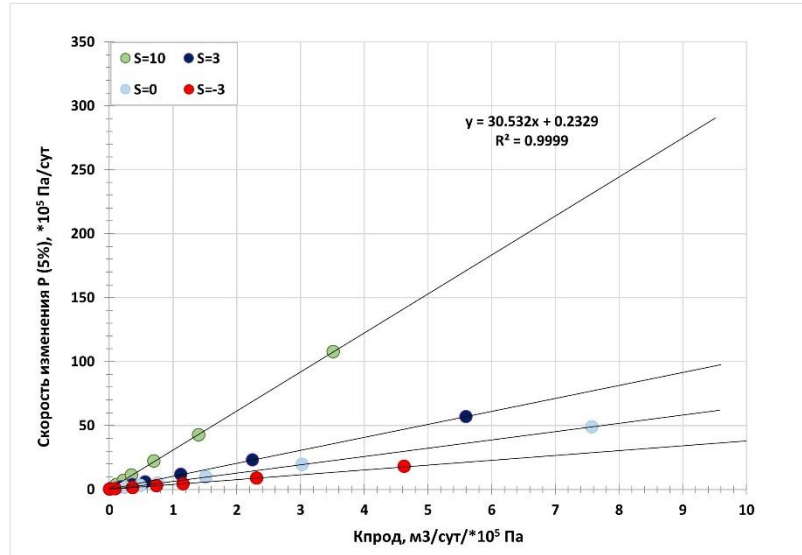


Рис. 7. Скорость изменения давления при восстановленности на 95% от $K_{прод}$

Заключение

1. Выполнен анализ чувствительности кривых восстановления давления на различные параметры пласта. Наиболее существенное влияние на скорость восстановления давления, при заданных граничных условиях и одинаковой депрессии, оказывает подвижность флюида и скин-фактор.
2. Показано, что существующие критерии восстановленности давления могут приводить к существенным ошибкам в оценке пластового давления для различных ФЕС.
3. Установлено, что в том числе важно учитывать тип заканчивания скважины, при оценке степени восстановленности давления.
4. Разработан подход, позволяющий получить зависимость скорости изменения давления от подвижности флюида, а также зависимость скорости изменения давления от коэффициента подвижности, для различных значений скин-фактора. Данные зависимости могут использоваться для

определения критерия восстановленности пластового давления при ГДИС на неустановившихся режимах, в соответствии с ФЕС исследуемого пласта.

Список литературы

1. Мордвинов В.А., Пономарева И.Н., Ерофеев А.А., Иванова А.С. К определению продолжительности исследования скважин методом восстановленности давления // Нефть, Газ и Бизнес. 2012, №11. - С. 63-65.
2. Мусин К.М., Хурамшина А.З. Влияние качества и продолжительности гидродинамических исследований скважин на точность определения параметров пластов порового и трещиновато-порового типа // Сборник научных трудов ТатНИПИнефть. М., 2010.

References

- 1.Mordvinov V.A., Ponomareva I.N., Erofeev A.A., Ivanova A.S. To the of well test by method of pressure reservery // Oil, gas and business. 2012, №11, - P. 63-65. (in Russian)
- 2.Musin K.M., Khuramshina A.Z. Influence of the quality and duration of hydrodynamic studies of wells on the accuracy of determining the parameters of porous and fractured-porous reservoirs // Collection of scientific papers TatSRDIneft. M., 2010. (in Russian)

Сведения об авторах

Нигаметьянова Гузель Аниловна, ведущий специалист отдела ГДИС,
ООО «Уфимский Научно-Технический Центр»
Россия, 450076, Уфа, ул. Аксакова, 59
E-mail: nigametyanovaga@ufntc.ru

Ишкин Динислам Закирович, начальник отдела ГДИС,
ООО «Уфимский Научно-Технический Центр»
Россия, 450076, Уфа, ул. Аксакова, 59
E-mail: ishkindinislam@yandex.ru

Authors

G.A. Nigametyanova, leading specialist of the department of "Hydrodynamic Well Research",
LLC «Ufa scientific and technical center»,
59, Aksakov st, Ufa, 450076, Russian Federation
E-mail: nigametyanovaga@ufntc.ru

D.Z. Ishkin, Head of the department of "Hydrodynamic Well Research",
LLC «Ufa scientific and technical center»,
59, Aksakov st, Ufa, 450076, Russian Federation
E-mail: ishkindinislam@yandex.ru

*Статья поступила в редакцию 15.08.2022
Принята к публикации 21.03.2024
Опубликована 30.03.2024*