

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Бенсон Ламиди Абдул-Латиф

«Физико-математическая модель притока к скважине в газоконденсатном пласте», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 25.00.17 - Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений

1. Актуальность темы выполненной работы

Диссертационная работа посвящена актуальной проблеме разработки газоконденсатных месторождений. Исследование физико-химических свойств газоконденсатных систем необходимо для подсчета балансовых и извлекаемых запасов компонентов природного газа. Также известно, что скопление конденсата в призабойной зоне оказывает значительное влияние на продуктивность скважин. Таким образом, при планировании работ по проектированию и оптимизации процессов добычи скважин газоконденсатных месторождений необходимо учитывать физико-химические свойства (ФХС) флюида, его компонентный состав, фильтрационно-емкостные свойства породы.

Учитывая комплексный характер исследования газоконденсатных скважин и пластов, в настоящее время в отрасли активно используется так называемые композиционные модели, основанные на уравнениях состояния для расчета фазового равновесия многокомпонентных сред.

Цель рассматриваемой работы состоит в развитии альтернативного подхода к моделированию притока к одиночной вертикальной скважине в газоконденсатном пласте, не требующего для своего использования данных о компонентном составе флюида, однако с учетом капиллярных эффектов.

Для расчета ФХС флюида автор предлагает модифицировать известные корреляции для газосодержания (за основу взята корреляция Velarde),

коэффициента конденсатосодержания и объемного коэффициента нефти таким образом, чтобы результаты расчета по ним совпадали с результатами расчета по уравнениям состояния при давлении ниже давления точки росы. Основная идея при этом состоит в параметризации входящих в указанные корреляции константных значений и последующем подборе значений введенных параметров методами машинного обучения (нейронные сети). Приводятся примеры сравнительных расчетов балансовых запасов по модифицированным автором корреляциям и с помощью композиционного моделирования.

Отдельно приведен подробный анализ ограничений и недостатков существующих моделей для расчета ОФП трехфазного флюида. Предложена авторская физико-математическая модель, согласующаяся с результатами лабораторных экспериментов в большей степени, чем используемые в гидродинамических симуляторах стандартные модели (Стоуна-1, Стоуна-2, Бейкера).

В заключительной части работы представлены результаты численного моделирования одиночной вертикальной скважины в радиальном пласте в двухфазной системе нефть-газ с учетом ОФП и капиллярных сил. В качестве математической постановки используется модель Black-Oil, для численного решения которой используется автомодельная замена переменных и сведение исходной системы дифференциальных уравнений в частных производных к нелинейной системе обыкновенных дифференциальных уравнений. Данная модель названа автором полуаналитической и позволяет рассчитать нестационарные распределения давления и насыщенностей фаз в пласте для любых зависимостей ФХС и ОФП, включая предложенные автором.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций диссертации

Полученные автором результаты научно обоснованы, базируются на традиционных математических моделях фильтрации флюидов, методе

асимптотических координат, методе главных компонент, автотомельной замене переменных, методе Рунге-Кутты, методе главных компонент для обучения нейронных сетей. Результаты, полученные автором, характеризуются внутренней непротиворечивостью, их качественным и количественным совпадением при вычислении по различным методикам. Обоснованность выводов также подтверждается результатами исследований, проведенных на реальных данных газоконденсатных месторождений. Работа прошла апробацию на различных международных конференциях.

3. Достоверность и новизна результатов

Достоверность результатов диссертационной работы подтверждена верификацией результатов расчета по предложенным ФХС-корреляциям и численным моделям расчета притока к скважине с эталонными результатами, полученным по результатам композиционного моделирования. При анализе результатов расчетов использовались принятые в математической статистике показатели (высокое значение коэффициента корреляции и низкое значение средней относительной ошибки) применительно к синтетической базе газоконденсатов, охватывающих диапазоны ФХС реальных газоконденсатов (преимущественно газоконденсатных месторождений России). Всего использовано 395 точек данных, 240 из которых – для обучения нейронных сетей, 40 – для перекрёстной проверки и 115 – для тестирования предложенных моделей ФХС.

Исходные данные, на основе которых разработан новый метод расчета трехфазных ОФП, получены из опубликованных в литературе экспериментальных измерений (Оаке).

Новизна результатов диссертационной работы заключается в том, что автором:

1. Предложена физико-математическая модель для расчета ОФП трехфазного потока с учетом влияния распределения флюида и

физических механизмов потока, обеспечивающая большую степень согласования с результатами трехфазного эксперимента относительно моделей Стоун-1, Стоун-2, Бейкера.

2. Предложена структура нейронных сетей для модификации корреляций расчета газосодержания, конденсатосодержания и объемного коэффициента нефти, которые по точности расчетов превосходят исходные корреляции и близки к расчетам по уравнениям состояния, однако не требуют задания компонентного состава.
3. С помощью автомодельной замены переменных предложен новый метод численного решения уравнений фильтрации в одномерной и радиальной постановках как нелинейной системы обыкновенных дифференциальных уравнений. Численно исследовано влияние капиллярных эффектов на нестационарную многофазную фильтрацию в газоконденсатной залежи.

4. Значимость результатов для науки и практики

Значимость результатов диссертационной работы для науки состоит в разработке структуры нейронных сетей для модификации корреляций расчета ФХС газоконденсатов.

Значимость результатов диссертационной работы для практики состоит в разработке методов расчета ФХС газоконденсата в условиях недостатка информации о компонентном составе флюида на газоконденсатных месторождениях РФ, используемых, например, при подсчете запасов, а также при гидродинамическом моделировании газоконденсатных залежей.

Предложенная полуаналитическая модель расчета вертикальной скважины в радиальном пласте может быть использована для оптимизации режима работы скважины из условия снижения негативных эффектов выпадения конденсата в пласте.

5. Оценка содержания диссертации

Содержание диссертации соответствует решению поставленных задач, тем не менее, к работе имеются замечания.

Общие замечания:

1. Недостаточно освещены отечественные исследования по тематике диссертаций, например, многочисленные труды ВНИИГАЗ'а.
2. Не отражен личный вклад автора.
3. Во всех разделах отсутствуют полные исходные данные, по которым возможно воспроизвести представляемые результаты.
4. В выводах отсутствуют направления для возможного развития предлагаемых методик и инструментов. Например, при моделировании скважины в работе рассмотрен только двухфазный случай, хотя ОФП предложены на случай трехфазного потока.

Замечания к главе 2:

1. Предложенный автором алгоритм расчета трехфазной относительной проницаемости использует подбор характеристических коэффициентов и результаты минимум одного трехфазного эксперимента, при этом не сказано, что автор называет методом асимптотических координат.
2. Не представлен раздел о влиянии расчета ОФП по предложенному автором алгоритму на решение задач фильтрации относительно стандартных моделей (Стоун-1, Стоун-2).

Замечания к главе 3:

1. Осталось непонятным, что представляет собой упомянутый на стр. 55 «новый композиционный симулятор (написанный на языке Visual Basic)» и как соотносятся результаты его расчетов с используемыми в отрасли аналогами (Eclipse E300, CMG Stars и др.).
2. Не представлен раздел с описанием постановки задачи для расчета ФХС с использованием кубических уравнений состояния, к которым относится упомянутое на стр. 55 уравнение состояния Пенга-Робинсона.

3. Полностью отсутствует информация о данных, используемых при расчете эталонных значений для верификации предложенной PVT-корреляции: число используемых компонент, компонентный состав, свойства используемых компонент (молекулярный вес, критические давления и температура, ацентрический фактор), коэффициенты бинарного взаимодействия.

4. На стр. 56 написано «*Так как расчет по предлагаемой методике основывается на простых математических уравнениях, использует минимум исходных параметров и не требует специального программного обеспечения, то, в результате данная методика может легко применяться при принятии инженерных решений*». Данное утверждение может относиться только к простоте использования программного обеспечения, реализующего предложенную методику, тогда как реализация аппарата нейронных сетей является нетривиальной инженерной задачей.

5. В разделе 3.1 написано «*Нелинейная регрессия была использована для определения коэффициентов модели, которые позволяют минимизировать разницу между измеренными данными (полученными из модели EOS) и рассчитанными значениями*». Непонятно, о каких коэффициентах модели идет речь. Для ясности изложения вместо термина «измеренные данные» следовало использовать «эталонные данные».

6. Указанная в формуле (3.1) погрешность является относительной погрешностью, а не абсолютной, как написано в тексте.

7. В формуле (3.18) допущена ошибка – отсутствует деление на z -фактор в стандартных условиях. Если это допущение, то его необходимо обосновать. Далее автор пишет « *z - фактор рекомендуем рассчитывать по методике, предложенной в [21]*», то есть расчет z -фактора в пластовых условиях предлагается осуществлять по корреляции Dranchuk, Purvis and Robinson (1974), однако сама корреляция не приводится и не представлена ее параметризация.

8. Не указан первоисточник и название корреляции для коэффициента объемного расширения нефти в формулах (3.9), (3.10). Далее в таблице (3.5) приведены значения параметров u_1 , u_2 , u_3 , при этом u_1 не используется в (3.9), (3.10). Также осталось непонятным, какие из этих параметров использовались для обучения нейронной сети, результаты расчета которой приведены в таблице (3.10).

Замечания к главе 4:

1. В названиях разделов 4.1.1, 4.1.2, 4.1.3 содержится неточности, противоречащие содержанию разделов. .

2. В работе не представлено описание методики расчета зарегистрированной соискателем программы для ЭВМ «Программа автоматизированного расчета динамики забойного давления вертикальной скважины в газоконденсатном пласте».

3. В работе не указано, на какой момент времени представлены все распределения давления и насыщенности нефти в графиках, соответственно, вывод о существенном влиянии капиллярных сил на динамику распределения давления и насыщенности вертикальной скважины недостаточно аргументирован.

6. Публикации, отражающие основное содержание диссертации

Основное содержание диссертационной работы опубликовано в открытой печати. По теме диссертации опубликовано 11 печатных работ в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ, получено одно свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

7. Автореферат отражает основное содержание диссертации

8. Заключение

Несмотря на замечания считаю, что диссертация Бенсон Ламиди Абдул-Латиф является законченной научно-квалификационной работой, отвечающей требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения учёных

степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г., предъявляемым к кандидатским диссертациям, в которой изложены научно обоснованные технологические решения, направленные на повышение эффективности разработки газоконденсатных коллекторов и имеющие существенное значение для развития нефтедобывающей отрасли страны, а автор диссертации – Бенсон Ламиди Абдул-Латиф заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 25.00.17 – Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.

Официальный оппонент:

Директор по инновационным технологиям
ООО «РН-УфаНИПИнефть»,
кандидат технических наук
(специальность – 25.00.17 «Разработка и
эксплуатация нефтяных и газовых
месторождений»)

*Согласен на включение персональных данных в
документы, связанные с работой диссертационного
совета, и их дальнейшую обработку.*

Колонских
Александр Валерьевич
«21» марта 2019г.

Общество с ограниченной ответственностью « Роснефть – Уфимский научно-исследовательский проектный институт нефти»,
Почтовый адрес: 450103, Башкортостан, г. Уфа, ул. Бехтерева 3/1, к.208.
Телефон: +7(347)293-60-10; e-mail: KolonskikhAV@ufanipi.ru

Подпись Колонских А.В. заверяю:

И. списано

Дмитрова И. В.