

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Чудина Яна Сергеевича «Совершенствование методов гидродинамического прокси-моделирования газовых месторождений и ПХГ», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.17. – «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений».

### 1. Актуальность темы диссертационной работы, цель и задачи исследований

На начальных этапах разработки месторождений и создания ПХГ использование гидродинамических прокси-моделей в общем комплексе различных по сложности моделей может достигать 90-95%, а на заключительных этапах разработки месторождений и при циклической эксплуатации ПХГ - до 30-40%. При этом используемые гидродинамические прокси-модели не всегда обеспечивают удовлетворительное соответствие реальным процессам, что может приводить к снижению эффективности разрабатываемых геолого-технологических решений.

Поэтому решаемые в настоящей работе задачи совершенствования применяемых в настоящее время методов гидродинамического прокси-моделирования газовых месторождений, создания и эксплуатации ПХГ, особенно на начальных этапах разработки месторождений и создания ПХГ, являются весьма актуальными.

Целью работы является совершенствование методов гидродинамического прокси-моделирования для повышения эффективности проектирования, анализа, контроля и регулирования разработки газовых месторождений, создания и эксплуатации ПХГ.

Задачи исследования включают:

- систематизацию и оценку точности существующих приближенных методов гидродинамического прокси-моделирования водоносных пластов газовых месторождений и ПХГ
- раскрытие сути применения методов численной суперпозиции и численного интегрирования для гидродинамического расчета водоносных пластов газовых месторождений и ПХГ;
- совершенствование балансовых моделей газовых залежей;
- разработку комплекса быстродействующих адаптивных алгоритмов и компьютерных программ интегрированного гидродинамического прокси-моделирования движения газа в системе «пласт – скважины - объекты внутрипромыслового транспорта и компримирования газа» и апробацию полученных результатов.

## **2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

В результате диссертационных исследований автором сформулированы следующие положения, характеризующиеся научной новизной:

– проведена систематизация методов гидродинамического прокси-моделирования водоносных пластов и газовых залежей газовых месторождений и ПХГ;

– усовершенствован метод интегрированного гидродинамического прокси-моделирования газовых промыслов и ПХГ, включающий: метод численного интегрирования частных решений водоносных пластов эвристическим методом; усовершенствованные модификации балансовой модели газовой залежи – двух-объемного и зонального дренирования залежи и зональной газонасыщенности пласта при водонапорном режиме; модели машинного обучения трубопроводов и компрессорной станции;

– разработан и апробирован программный модуль интегрированного гидродинамического прокси-моделирования движения газа в системе «пласт – скважины - объекты внутрипромыслового транспорта и компримирования газа».

Сформулированные научные положения обоснованы автором, в том числе с использованием литературных источников, графических материалов и табличных данных. Основные положения работы были опубликованы в 5 статьях, в том числе в двух изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России. Также автором получено два свидетельства о регистрации программы для ЭВМ, реализующей разработанные алгоритмы в диссертационной работе.

## **3. Достоверность и новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Достоверность результатов исследования основывается на результатах анализа опыта отечественных и зарубежных авторов в области гидродинамического прокси-моделирования системы «пласт – скважины- внутрипромысловый транспорт – компримирование газа» газовых месторождений и ПХГ, а также на известных законах гидродинамики.

Результаты вычислительных экспериментов по моделированию объектов исследования, полученные с использованием усовершенствованного метода интегрированного гидродинамического прокси-моделирования, показали необходимую и достаточную сходимость с фактическими данными разработки месторождений и эксплуатации ПХГ.

Достоверность полученных автором результатов сомнений не вызывает.

#### 4. Содержание и объем работы

Работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 124 наименований и приложения. Общий объем работы составляет 184 печатные страницы, содержит 35 рисунков и 69 таблиц.

Во введении обоснована актуальность темы исследований, определена цель работы, поставлены задачи исследований, сформулированы защищаемые положения, дана научная новизна и практическая ценность полученных результатов работы.

В первой главе рассмотрен комплекс вопросов, связанный с анализом существующих методов гидродинамического прокси-моделирования водоносных пластов газовых месторождений и ПХГ.

Для моделирования водоносных пластов используются безразмерные функции влияния, которые могут быть получены как решения основного дифференциального уравнения упругого режима плоскорадиальной фильтрации для частных случаев постоянного давления или расхода воды на укрупненной скважине различными методами. Автором рассмотрены как точные (метод Ван Эвердингена и Херста), так и приближенные решения (эвристический метод, метод интегральных соотношений, метод последовательной смены стационарных состояний и инженерный метод коэффициентов продуктивности/приемистости водоносного пласта).

В работе проведены сравнительные расчеты и оценена точность решений, полученных указанными методами, как для постоянного перепада давления, так и для монотонного изменения давления на опорном контуре.

Показано, что приближенные решения могут быть использованы для практических расчетов, при этом наибольшую точность показало решение, полученное эвристическим методом.

Во второй главе приведены результаты анализа и систематизации газогидродинамических прокси-моделей газовых залежей.

Рассмотрены балансовые модели газовой залежи и их модификации при газовом и водонапорном режимах.

Анализ показал, что в упрощенных (прокси) моделях и их модификациях рассматриваются наиболее значимые физические процессы с учетом общих закономерностей и основных свойств флюидов и пласта.

В работе рассмотрены модификации балансовых моделей, в части учета неоднородности фильтрационно-емкостных свойств пласта и неравномерности

дренирования залежи эксплуатационными скважинами, а также в части учета изменения газонасыщенности по зонам газоносности пласта.

В третьей главе представлены результаты по совершенствованию методов гидродинамического прокси-моделирования.

Прокси-модели усовершенствованы по двум направлениям:

- введение в расчетную схему функций относительных фазовых проницаемостей (ОФП);
- учет характеристик объектов внутрипромыслового транспорта и компримирования газа.

Разработан алгоритм интегрированного прокси-моделирования, включающий прокси-модели водоносного пласта, газовой залежи, скважин, внутрипромыслового транспорта и компримирования газа.

В четвертой главе приведены результаты практического применения предложенных методов интегрированного газогидродинамического прокси-моделирования движения газа в системе «пласт – скважины – объекты внутрипромыслового транспорта и компримирования газа» на примере ПХГ.

Проведен сравнительный анализ с фактическими замерами и показана высокая сходимость результатов расчетов. Также отмечена скорость выполнения расчетов. Так, для предложенного примера скорость расчета составила не более трех минут по сравнению с пятью часами расчетов на мелкомасштабной гидродинамической модели.

#### **5. Замечания по диссертационной работе**

Замечания и пожелания по работе:

1. Для расчета водоносных пластов (глава 1) приведены примеры расчетов и анализ только для условий постоянного перепада давлений на опорном контуре. В работе отсутствует анализ для условий постоянного перетока на опорном контуре.

2. В третьей главе описаны модификации прокси-модели газовой залежи в части более корректного учета характера протекания процесса совместной фильтрации двух несмешивающихся флюидов (газ/вода) с помощью введения функций относительных фазовых проницаемостей (ОФП). При этом не указано, как будет учтен гистерезис в модифицированной прокси-модели.

3. Для расчета внутрипромыслового транспорта газа предложено применение нейронной сети (глава 3). В работе не указаны границы применимости предложенного алгоритма (количество скважин, длина трубопроводов, состав УВ, условия эксплуатации).

4. Сравнение с результатами расчетов моделей, выполненных в коммерческих симуляторах (глава 4), следует проводить с указанием характеристик компьютерных мощностей и включенных опций в задании на расчет. В противном случае сравнение скорости расчетов некорректно.

Отмеченные недостатки не влияют на высокую оценку уровня работы в целом.

#### 6. Заключение

Автором рассмотрены важные научно-технические проблемы – совершенствование методов гидродинамического прокси-моделирования для повышения эффективности проектирования, анализа, контроля и регулирования разработки газовых месторождений, создания и эксплуатации ПХГ.

Представленная диссертация является законченной научно – квалификационной работой, имеющей несомненное научное и практическое значение. Работа написана доходчиво, грамотно и аккуратно оформлена. Автором получен ряд новых научных результатов. Результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Приведенные материалы свидетельствуют об эрудиции автора. Автор проявил себя сформировавшимся исследователем, способным к самостоятельной научной работе.

Содержание автореферата в должной мере отражает содержание диссертации.

По своему научному уровню, объему и качеству выполненных исследований, научной новизне и практической ценности данная работа удовлетворяет требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2014 № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а соискатель Чудин Ян Сергеевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.17 – «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений».

Официальный оппонент,  
старший научный сотрудник  
Института проблем нефти и газа РАН,  
кандидат технических наук

М.К. Тупысев

119333, г. Москва, ул. Губкина, дом 3  
Институт проблем нефти и газа РАН  
Тел.: 7 (499) 135-73-71;

Подпись Тупысева Мих

*Федеральное государственное  
научно-исследовательское  
учреждение  
«ВНИИГ им. академика  
С.П. Каверина»*  
г. Москва, ул. Губкина, д. 3  
Тел.: 7 (499) 135-73-71

*яю: [подпись]  
Института  
Газов Российской  
Академии*