

## ОТЗЫВ официального оппонента

на диссертационную работу Жданова Ивана Александровича «Разработка системы автоматизированного анализа и контроля текущего состояния нефтяных месторождений», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 - Системный анализ, управление и обработка информации (технические науки)

Диссертационная работа Жданова Ивана Александровича посвящена вопросам повышения эффективности разработки нефтяных месторождений на основе компьютерного моделирования нефтяного пласта для принятия оперативных производственных решений. Основной акцент сделан на *псевдодвумерной по пространству модели* подземного резервуара, предложенной автором.

Диссертация состоит из оглавления, введения, четырех глав с выводами по каждой из них, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы, включающего 103 наименования. Материал диссертации изложен на 117 страницах машинописного текста, включает 3 таблицы и 41 рисунок.

**Во введении** обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи исследования, его научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов и их достоверность. Сформулированы положения, выносимые на защиту и представлена апробация результатов исследования.

В качестве *объекта исследования* выступает нефтяной подземный резервуар (пласт), а *предметом исследования* является серия его физико-математических и компьютерных моделей, позволяющих повысить эффективность разработки месторождений. **Основная идея исследования** состоит в корректной редукции (упрощении) «тяжелых» 3D геолого-гидродинамических моделей до уровня, пригодного для оперативного анализа технических характеристик нефтяного резервуара.

В качестве новых научных результатов диссертантом выдвинуты следующие положения:

1. На основе псевдодвумерной пространственной модели нефтяного резервуара, построенной путем феноменологической и эмпирической редукции 3D геолого-гидродинамической модели, можно оперативно спрогнозировать эксплуатационные параметры.

2. Применение методики прогноза дебита жидкости, обводненности и пластового давления, разработанной на основе псевдодвумерной модели пласта, позволяет получать прогнозные эксплуатационные показатели с точностью, приемлемой для принятия производственных решений.

3. Применение методики корректировки технологических режимов работы нагнетательных и добывающих скважин нефтяного месторождения на основе псевдодвумерной модели пласта позволяет существенно повысить эффективность разработки месторождений.

**В первой главе** проведён обзор литературы, детально проанализирована мировая практика нефтяного инжиниринга по моделированию подземного резервуара. Подробно описаны три основные модели: 1) гибридная физико-математическая модель пласта OmegaCRM, в которой месторождение с работающими скважинами представляется как динамическая система на основе рекуррентных нейронных сетей; 2) модель численного межскважинного взаимодействия – INSIM, в которой рассматривается двухфазный поток жидкости в пористой среде; 3) «тяжёлые» 3D геолого-гидродинамические симуляторы, например Eclipse и tNavigator, имеющие высший приоритет, поскольку в их основе лежит решение общих уравнений фильтрации жидкости в пористой среде

ОТЗЫВ

**Во второй главе** сформулирована основная задача исследования и представлены теоретические основы разработанной псевдодвумерной (по пространству) модели нефтяного пласта. Актуальность разработки обоснована тем, что для активов, имеющих длительную историю разработки и значительный фонд скважин, создание и поддержание постоянно действующей «тяжёлой» 3D геолого-гидродинамической модели является весьма трудоемким процессом. Отмечается, что псевдодвумерная модель реализована в составе программного модуля «Инструмент для достижения потенциала базовой добычи» КАРАТ.

В основе предлагаемой модели лежит самосогласованный численно-аналитический алгоритм, непрерывно адаптирующий модель на геологические и промысловые данные. Все расчетные формулы предлагаемой псевдодвумерной модели нефтяного резервуара имеют феноменологический или эмпирический характер с большим числом параметров. В главе описывается процедура верификации модели на данных либо сгенерированных 2D или 3D геолого-гидродинамическими симуляторами, либо на наборе ретроспективных данных с реальных объектов добычи.

В главе также описывается интеграция псевдодвумерной модели в инструмент «ОптимА», предназначенный для поиска оптимальных технико-экономических решений при оптимизации разработки нефтегазовых месторождений на основе физико-математических моделей разного уровня детализации. Оптимизационные алгоритмы интегрированы с финансово-экономической моделью, стоимостными библиотеками и функционалом для задания критериев технико-экономических ограничений.

**В третьей главе** исследована область применимости разработанной псевдодвумерной модели пласта, проведена верификация результатов расчетов на синтетических (модельных) данных для различного числа скважин.

Тестирование псевдодвумерной модели пласта проведено на модельных данных путем сравнения пластового давления, рассчитанного в коммерческом 2D симуляторе Carra Egin, с давлением, полученным в результате адаптации разработанной псевдодвумерной модели. По результатам данного тестирования получена хорошая сходимость пластового давления до запуска нагнетательной скважины.

Также выполнено тестирование процесса адаптации разработанной псевдодвумерной модели на синтетических данных для 25-и и 63-х скважин путем сравнения пластового давления, рассчитанного в коммерческом 3D симуляторе tNavigator.

**В четвертой главе** проведено тестирование псевдодвумерной модели на реальных данных путём сопоставления фактических и прогнозных значений дебита жидкости по скважинам одного из месторождений Западной Сибири. Дополнительно описана методика корректировки технологических режимов работы нагнетательных и добывающих скважин нефтяного месторождения на основе псевдодвумерной модели.

**В заключении** сформулированы основные результаты исследования, проведенного в диссертационной работе.

Достоверность и обоснованность сформулированных в работе научных положений подтверждена результатами обширных вычислительных экспериментов.

Материалы диссертации опубликованы в 5 печатных работах, из них 2 входят в список, рекомендованный ВАК, 2 индексированы в базах научных публикаций Scopus и WoS, получено 1 свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

Следует отметить, в целом, хорошее оформление работы и грамотное изложение материала. Не вызывает сомнений то, что все представленные в работе результаты являются оригинальными и получены соискателем самостоятельно. Автореферат полностью соответствует диссертации.

**В качестве замечаний** и пожеланий можно отметить следующие:

1. Хотелось бы уточнить параметры процесса адаптации псевдодвумерной модели пласта на модельных или реальных данных, а именно, сколько времени она занимала, какие вычислительные ресурсы были использованы?

2. Таблица 3.2 на стр. 81 диссертации, по мнению оппонента, выполнена небрежно.

3. Почему весьма наглядный и содержательный рисунок 3.32 на стр. 86 диссертации не попал в автореферат?

4. Вызывает сомнение вывод 1 на стр. 102 диссертации о том, что автором разработан ансамбль гидродинамических моделей пласта и инструментов, позволяющие получать устойчивые и обоснованные рекомендации по оптимизации управления активом в условиях геологических и технологических неопределенностей нефтегазовых активов. По мнению оппонента, основной результат диссертации состоит в разработке псевдодвумерной по пространству модели нефтяного пласта. Все остальные решения связаны с интеграцией этой модели в более мощные программные продукты такие, как КАРАТ и Оптима.

5. Имеются отдельные недочёты в оформлении диссертации.

Отмеченные замечания, однако, не уменьшают значимость результатов и ценность выполненной работы.

На основании анализа диссертации, автореферата и опубликованных работ автора можно заключить, что представленная диссертация Жданова Ивана Александровича является оригинальной и законченной научно-квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно на высоком научно-техническом уровне и соответствующей требованиям раздела 2 «Положения о присуждении учёных степеней» Горного университета, утверждённого приказом ректора Горного университета от 20.05.2021 г. № 953 адм, а её автор, Жданов Иван Александрович заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации (технические науки).

**Официальный оппонент:**

доцент, кандидат технических наук  
(специальность - 05.11.16), доцент  
кафедры высшей математики и системного  
моделирования сложных процессов

*НВ*

Каменецкая Наталия Владимировна

«10» марта 2022 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной службы министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»

Почтовый адрес: 196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149;

Телефон: +7-905-267-72-80

E-mail: [natkam53@mail.ru](mailto:natkam53@mail.ru)

