

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ГУ 2021.7
ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА (ДОКТОРА) НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 31.03.2022 г. № 3

О присуждении **Жданову Ивану Александровичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук

Диссертация «Разработка системы автоматизированного анализа и контроля текущего состояния нефтяных месторождений» по специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации (технические науки) принята к защите 24.01.2022 г., протокол № 2, диссертационным советом ГУ 2021.7 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России, 199106, Санкт-Петербург, 21-я линия, д. 2, приказ ректора Горного университета от 28.10.2021 № 2084 адм.

Соискатель Жданов Иван Александрович, 15 апреля 1989 года рождения, в 2013 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет» Минобрнауки России.

В период подготовки диссертации с 2016 г. по 2020 г. Жданов И.А. являлся аспирантом очной формы обучения кафедры информационных систем и вычислительной техники федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России. Диплом об окончании аспирантуры получен 11 июня 2020 г.

В настоящее время Жданов И.А. работает руководителем по разработке продукта в ООО «Газпром нефть НТЦ», г. Санкт-Петербург.

Диссертация выполнена на кафедре информационных систем и вычислительной техники федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России.

Научный руководитель – **Бригаднов Игорь Альбертович**, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры информационных систем и вычислительной техники федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России.

Официальные оппоненты:

Герасимов Игорь Владимирович, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина)», кафедра систем автоматизированного проектирования, профессор;

Каменецкая Наталия Владимировна, кандидат технических наук, доцент, 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», кафедра высшей математики и системного моделирования сложных процессов, доцент
дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация - федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем машиноведения Российской академии наук (ИПМаш РАН), г. Санкт-Петербург, в своем положительном отзыве, подписанном заведующим лабораторией «Адаптивное и интеллектуальное управление сетевыми и распределёнными системами» доктором технических наук, профессором Фуртатом Игорем Борисовичем и секретарём заседания

лаборатории кандидатом технических наук Вражевским Сергеем Александровичем, а также утверждённом директором ИПМаш РАН доктором технических наук Полянским Владимиром Анатольевичем, указала, что теоретическая и практическая значимость результатов диссертации состоит в корректном применении методов системного анализа, управления и обработки информации для редукции (упрощения) 3D геолого-гидродинамической модели нефтяного пласта до псевдодвумерной (по пространству) модели, а также в решении на основе этой подмодели практически важных задач эффективной эксплуатации нефтяных месторождений, имеющих длительную историю разработки и значительный фонд скважин.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается высоким уровнем квалификации учёных и специалистов в области системного анализа, управления и обработки информации, а также их высокой публикационной активностью в указанной области науки.

Соискатель имеет 5 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 5 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 5 работ, в том числе 2 статьи - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук (далее – Перечень ВАК); 2 статьи - в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования SCOPUS и WoS. Получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Общий объем – 2,2 п.л., в том числе 1 п.л. – соискателя.

Публикации в изданиях из Перечня ВАК:

1. **Жданов И.А.** Исследование области применимости псевдодвумерной модели пласта КАРАТ / Жданов И.А., Бригаднов И.А.// Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия «Естественные и технические науки», 2020, № 8, С. 63-72.

Соискателем представлены результаты исследования области применимости разработанной псевдодвумерной модели пласта, а также верификация результатов расчетов на модельных (синтетических) данных и с помощью ретроспективного анализа.

2. **Жданов И.А.** Псевдодвумерная модель элемента разработки нефтяного месторождения / Жданов И.А., Бригаднов И.А.// Перспективы науки, 2020, № 8(131), С. 24-29.

Соискателем представлено описание теоретических основ разработанной оригинальной псевдодвумерной модели пласта нефтяного месторождения на уровне скважины.

Публикация в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования SCOPUS и WoS:

3. **Zhdanov I.A.** A tool for achieving the base production potential/ Zhdanov I.A., Andzhukaev, Ts.V., Margarit, A.S., Pustovskikh, A.A.// Society of Petroleum Engineers - SPE Russian Petroleum Technology Conference–2017.

Жданов И.А. Инструмент для достижение базового потенциала/ Жданов И.А., Анджукаев Ц.В., Маргарит А.С., Пустовских А.А.// Общество инженеров-нефтяников – Российская нефтяная техническая конференция SPE–2017.

Соискателем представлено описание теоретических основ разработанной оригинальной псевдодвумерной модели пласта нефтяного месторождения на уровне скважины.

4. **Bilinchuk A.Y.** Automated solution to unlock base production potential/ Bilinchuk A.Y., Khaliullin F.F., Sitnikov A.N., Pustovskikh A.A., Margarit A.S., **Zhdanov I.A.**, Andzhukaev T.V.// Oil industry, 2016, №12, p. 84–86.

Билинчук А.В. Разработка и внедрение инструмента для достижения потенциала добычи / Билинчук А.В., Халиуллин Ф.Ф., Ситников А.Н., Пустовских А.А., Маргарит А.С., Жданов И.А., Анджукаев Ц.В.// Нефтяное хозяйство, 2016, №12, С.84–86.

Соискателем представлено описание теоретических основ разработанной оригинальной псевдодвумерной модели пласта нефтяного месторождения на уровне скважины.

Другие печатные издания и патенты:

5. **Жданов И.А.** Результаты апробации прокси-модели пласта для оптимизации заводнения на примере пласта X Вынгапуровского месторождения / Жданов И.А., Алексеева А.М., Маргарит А.С., Халиуллин Ф.Ф., Шарифов А.Р., Цареградская М.И., Григорьев А.В. // Ргонефть. Профессионально о нефти, 2019, №2, С. 16–20.

Соискателем выполнена апробация разработанной прокси-модели пласта на реальных данных путем ретроспективного анализа.

Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017619942 Российская Федерация, ЭРА:ГРАД:ППД: № 2017613505:заявлено 19.04.2017 : опубликовано 12.09.2017 / Билинчук А.В., Хасанов М.М., Халиуллин Ф.Ф., Пустовских А.А., Гильманов Р.Р., Ситников А.Н., Маргарит А.С., **Жданов И.А.**, Анджукаев Ц.В., Галеев Р.М., Хамидуллин Р.Д., Шестаков Д.А., Вишняков А.С.; заявитель Публичное акционерное общество «Газпром нефть». – 1 с.

Апробация диссертационной работы проведена на научно-практических конференциях с докладами:

- на Всероссийской конференции «Современные информационные технологии в нефтяной и газовой промышленности» (г. Алушта, ЗАО «Издательство «Нефтяное хозяйство», октябрь 2016г.);
- на Всероссийской конференции «VII открытая научно-техническая конференция молодых специалистов и молодых работников «Знания. Опыт. Инновации» (г. Астрахань, ООО «Газпром добыча Астрахань», март 2017г.);
- на Международной конференции «Российская нефтегазовая техническая конференция SPE2017» (г. Москва, Society of Petroleum Engineers, октябрь 2017г.);

- на Всероссийской конференции «Разработка зрелых месторождений» (г. Москва, Society of Petroleum Engineers, ноябрь 2017г.);
- на Международной конференции «Российская нефтегазовая техническая конференция SPE2018» (г. Москва, Society of Petroleum Engineers, октябрь 2018г.).

В диссертации соискателя Жданова Ивана Александровича отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:
от главного научного сотрудника лаборатории мехатроники ФГБУН Институт проблем машиноведения РАН д.ф.-м.н. **А.К. Беляева** и старшего научного сотрудника той же лаборатория к.т.н. **А.В. Федотова**; от зав. кафедрой высшей математики ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» д.ф.-м.н. **Е.А. Благовещенской**; от заместителя Генерального конструктора ЗАО «ЗЭТО» по научно-техническим разработкам и публикациям к.т.н. Оксфордского Гранд-доктора Теоретической электротехники **В.Н. Острейко**; от доцента кафедры высшей математики ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого» к.ф.-м.н. **И.В. Буркова**; от зав. кафедрой «Приборостроение и мехатроника» ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» к.т.н. **О.В. Козелкова**; от профессора кафедры математики Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского к.ф.-м.н. **А.В. Морозова**; от доцента кафедры разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений Института нефти и газа ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» к.т.н. **А.А. Азеева**.

Все отзывы положительные. В них отмечена актуальность темы, степень проработки вопроса, профессиональный подход соискателя к решению поставленных задач и дана оценка результатов проведённого исследования. Однако имеется ряд замечаний.

1. В описании формулы (1) присутствует переменная V_p (поровый объем), между тем, данная величина отсутствует в самой формуле;

2. Не совсем понятен смысл условий окончания настройки модели материального баланса (с. 14): почему требуется именно такое отношение величин P_{res}^i и P_{wf}^i ? А также, не указано, какой смысл несёт вторая из указанных величин;

3. На рис. 3 не понятно, какая линия соответствует какой из моделей (д.ф.-м.н. **А.К. Беляев**, к.т.н. **А.В. Федотов**).

4. В автореферате постоянно встречаются специфические сокращения без должного пояснения, например, ИГГДМ на стр. 17;

5. Отдельные рисунки не вполне подробно описаны или вообще невнятно читаемы, например, рисунки 6 и 8 (д.ф.-м.н. **Е.А. Благовещенская**).

6. Не указаны порядок решаемых систем алгебраических уравнений и степень их обусловленности;

7. Не совсем ясен термин «псевдодвумерная пространственная модель нефтяного резервуара»;

8. Чем конкретно определяется «тяжесть» 3D геолого-гидродинамических моделей? (к.т.н. **В.Н. Острейко**).

9. На с. 4, 11, 15, 16, 17 и 18 используются не общепринятые аббревиатуры;

10. Неясно, что означают латинские и греческие буквы на рис. 1;

11. На рис. 6 неясно, какие данные относятся к симулятору tNavigator, а какие к инструменту КАРАТ;

12. В уравнении (1) нет четкого деления на параметры и переменные;

13. Нет информации о существовании и единственности решения предлагаемой псевдодвумерной модели (к.ф.-м.н. **И.В. Бурков**).

14. Из автореферата не видно, какие использовались методы и системы контроля текущего состояния нефтяных месторождений (к.т.н. **О.В. Козелков**).

По всем замечаниям были даны исчерпывающие ответы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненного соискателем диссертационного исследования:

разработана

- оригинальная численно-аналитическая псевдодвумерная (по пространству) модель нефтяного пласта, которая позволяет прогнозировать дебит жидкости, обводненность и пластовое давление с точностью, приемлемой для принятия производственных решений;
- программа для ЭВМ (№2017619942), позволяющая определять оптимальные технологические режимы работы нагнетательных скважин при отсутствии 3D геолого-гидродинамической модели объекта разработки;

предложена методика прогноза дебита жидкости, обводненности и пластового давления, разработанная на основе псевдодвумерной модели пласта, позволяющая получать прогнозные эксплуатационные показатели с точностью, приемлемой для принятия производственных решений;

доказано, что разработанная методика корректировки технологических режимов работы нагнетательных и добывающих скважин нефтяного месторождения на основе псевдодвумерной модели пласта позволяет существенно повысить эффективность разработки нефтяных месторождений.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана принципиальная возможность корректной редукции 3D геолого-гидродинамической модели методами системного анализа, управления и обработки информации;

использованы методы компьютерного моделирования и численного анализа;

изложены основные положения корректной редукции 3D геолого-гидродинамической модели до уровня псевдодвумерной прокси-модели нефтяного пласта;

раскрыты качественные особенности построенной прокси-модели по сравнению с другими моделями пласта, например, экспертными моделями, основанными на статистическом анализе данных, моделями на трубках тока, моделью численного межскважинного взаимодействия INSIM,

множественными авторегрессионными моделями с экзогенным входом M-ARX, методом рекуррентных нейронных сетей RNN, моделями, реализованными в геолого-гидродинамических 2D (Eclipse) и 3D (tNavigator) симуляторах в виде общих уравнений фильтрации жидкости в пористой среде; **изучены** область применимости и чувствительность прокси-модели, выделены ключевые управляющие параметры и критерии устойчивости результатов моделирования в условиях погрешностей реальных данных и геолого-технологических неопределенностей;

проведена модернизация программного комплекса «ОптимА», представляющего собой систему поддержки принятия решений (СППР) при планировании и управлении разработкой нефтегазовых месторождений, путём интеграции в него псевдодвумерной прокси-модели нефтяного пласта в форме программного модуля КАРАТ.

Значение полученных соискателем результатов исследования **для практики** подтверждается тем, что:

разработана и внедрена программа для ЭВМ (№2017619942), позволяющая определять оптимальные технологические режимы работы нагнетательных скважин при отсутствии 3D геолого-гидродинамической модели объекта разработки (программа в форме модуля КАРАТ интегрирована в СППР «ОптимА»);

определены область применимости и чувствительность псевдодвумерной прокси-модели, выделены ключевые управляющие параметры и критерии устойчивости результатов моделирования в условиях погрешностей реальных данных и геолого-технологических неопределенностей;

создана сводная таблица практических рекомендаций в виде шаблонов применения моделей и инструментов разного уровня детализации по пространству с учетом решаемой задачи и геолого-технологических условий на нефтегазовом активе;

представлены методические указания и рекомендации для инженерного и управляющего состава сотрудников компании «Газпром нефть».

Оценка *достоверности результатов исследования* выявила следующее:

для экспериментальных работ

подтверждена достоверность адаптации псевдодвумерной модели при оценке дебита жидкости, обводненности и пластового давления на эмпирических и модельных (синтетических) данных, полученных при помощи современных программных комплексов Kappa Ecrin (2D симулятор) и tNavigator (3D симулятор) компании Rock Flow Dynamics;

теория псевдодвумерной модели пласта основана на классических законах гидродинамики и моделях фильтрации жидкости в пористой среде;

идея базируется на феноменологической и эмпирической редукции 3D геолого-гидродинамической модели пласта;

использованы реальные данные с актуальных нефтяных месторождений компании «Газпром нефть» в Западной Сибири;

установлено качественное и практически приемлемое количественное совпадение расчётных и реальных данных;

использованы современные методы системного анализа, управления и обработки данных.

Личный вклад соискателя состоит в:

- формулировке цели и постановке задач исследования;
- разработке методики и реализации псевдодвумерной (по пространству) численно-аналитической модели пласта с детализацией на уровне элемента разработки;
- интеграции псевдодвумерной модели пласта в форме программного модуля КАРАТ с инструментом для поиска решений при оптимизации разработки нефтегазовых месторождений «ОптимА»;
- определении области применимости, ключевых управляющих параметров и критериев устойчивости результатов моделирования, формализованных в виде матрицы применимости моделей и инструментов с учетом решаемой задачи и геолого-технологических условий на нефтегазовом активе;

- формулировке научной новизны и практической значимости защищаемых положений и выводов.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

Соискатель Жданов И.А. ответил на заданные ему в ходе заседания замечания и вопросы, а также привёл убедительные аргументы в защиту высказанных положений.

На заседании 31 марта 2022 г. диссертационный совет принял решение присудить **Жданову Ивану Александровичу** ученую степень кандидата технических наук за исследование в области систем автоматизированного анализа и контроля текущего состояния нефтяных месторождений.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 9 человек, из них 8 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 9 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту человек - нет, проголосовали: за - 9, против - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета



Первухин Дмитрий Анатольевич

Афанасьева Ольга Владимировна

31.03.2022 г.