

Результаты публичной защиты

Дата защиты 06.10.2016

Соискатель: **Балашов Владислав Александрович**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук «Прямое численное моделирование течений жидкости в поровом пространстве пород-коллекторов».

Специальность 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

На заседании председательствует – ПРЕДСЕДАТЕЛЬ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА, академик РАН, д.ф.-м.н., профессор Б.Н. ЧЕТВЕРУШКИН.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ – к.ф.-м.н., М.А. КОРНИЛИНА.

На заседании присутствовали 20 членов совета из 25 членов диссертационного совета, из них 7 докторов по профилю рассматриваемой диссертации:

| | | |
|-----------------------|-----------|----------|
| 1. ЧЕТВЕРУШКИН Б.Н. | д.ф.-м.н. | 05.13.18 |
| 2. КАЛИТКИН Н.Н. | д.ф.-м.н. | 01.02.05 |
| 3. КОРНИЛИНА М.А. | к.ф.-м.н. | 05.13.18 |
| 4. АНДРЕЕВ В.Б. | д.ф.-м.н. | 01.01.07 |
| 5. ВАСИЛЕВСКИЙ Ю.В. | д.ф.-м.н. | 01.01.07 |
| 6. ДОЛГОЛЕВА Г.В. | д.ф.-м.н. | 01.01.07 |
| 7. ЕЛИЗАРОВА Т.Г. | д.ф.-м.н. | 01.02.05 |
| 8. ЗМИТРЕНКО Н.В. | д.ф.-м.н. | 01.02.05 |
| 9. КАРАМЗИН Ю.Н. | д.ф.-м.н. | 01.01.07 |
| 10. КОВАЛЕВ В.Ф. | д.ф.-м.н. | 05.13.18 |
| 11. КОЗЛОВ А.Н. | д.ф.-м.н. | 01.02.05 |
| 12. КОЛЕСНИЧЕНКО А.В. | д.ф.-м.н. | 05.13.18 |
| 13. КУЛЕШОВ А.А. | д.ф.-м.н. | 05.13.18 |
| 14. ЛУЦКИЙ А.Е. | д.ф.-м.н. | 01.02.05 |
| 15. МАЖУКИН В.И. | д.ф.-м.н. | 05.13.18 |
| 16. МИЛЮКОВА О.Ю. | д.ф.-м.н. | 01.01.07 |
| 17. ПЕТРОВ И.Б. | д.ф.-м.н. | 01.02.05 |
| 18. ПОЛЯКОВ С.В. | д.ф.-м.н. | 01.01.07 |
| 19. ШПАТАКОВСКАЯ Г.В. | д.ф.-м.н. | 05.13.18 |
| 20. ЯКОВОВСКИЙ М.В. | д.ф.-м.н. | 05.13.18 |

По результатам публичной защиты диссертационный совет принял следующее заключение:

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.024.03
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ИНСТИТУТ
ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ им. М.В. КЕЛДЫША РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК» ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 06 октября 2016 №1

О присуждении **Балашову Владиславу Александровичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук. Диссертация «Прямое численное моделирование течений жидкости в поровом пространстве пород-коллекторов» по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, принята к защите 17 марта 2016 года, протокол № 6 диссертационным советом Д002.024.03 на базе Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук», 125047, Москва, Миусская пл., д.4, приказ № 105/нк от 11 апреля 2012 года.

Соискатель **Балашов Владислав Александрович**, 1990 года рождения.

В 2012 году соискатель окончил МГУ имени М.В. Ломоносова, механико-математический факультет, кафедру аэромеханики и газовой динамики, по специальности «Механика».

В период 2012-2015 гг. соискатель обучался в очной аспирантуре ИПМ им. М.В. Келдыша РАН по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ. В настоящее время работает младшим научным сотрудником в Федеральном

государственном учреждении «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук» в секторе № 3 «Вычислительная геофизика» отдела № 11 «Вычислительные методы и математическое моделирование». Диссертация выполнена в ИПМ им. М.В. Келдыша РАН.

Научный руководитель:

Савенков Евгений Борисович, кандидат физико-математических наук, заведующий сектором № 3 «Вычислительная геофизика» отдела № 11 «Вычислительные методы и математическое моделирование» ИПМ им. М.В. Келдыша РАН.

Официальные оппоненты:

1. **Колдоба Александр Васильевич**, доктор физико-математических наук, с. н. с., заведующий Лабораторией флюидодинамики и сейсмоакустики, ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт (государственный университет)»

2. **Кувыркин Георгий Николаевич**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой ФН-2 «Прикладная математика», ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Факультет вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова в своем **положительном** заключении, подписанном Мухиным Сергеем Ивановичем, доктором физико-математических наук, профессором кафедры Вычислительных методов, указала, что «...Математическое моделирование используется для разработки и обоснования плана разработки месторождения, определения оптимального метода воздействия на пласт с целью увеличения нефтеотдачи, ее оптимизации и контроля и др. На обоснованность результатов моделирования во многом влияет качество входных параметров, коими являются параметры пласта, и адекватная оценка

степени их неопределенности, которые могут быть получены экспериментальными методами. ...результаты экспериментов могут отличаться невысокой точностью. Поэтому развитие тех или иных методик, призванных в известном смысле уменьшить их погрешность, а также улучшить оценку степени их неопределенности является актуальной задачей.»

«...В диссертации на основе квазигидродинамического подхода разработана новая математическая модель для моделирования многофазных течений с учетом поверхностных эффектов. Построен новый разностный алгоритм, с помощью которого продемонстрирована корректная работа построенной математической модели на качественном уровне. Применен квазигидродинамический подход для моделирования течений однофазной жидкости в поровом пространстве образцов горных пород, разработан и реализован соответствующий программный комплекс... для расчета однофазных однокомпонентных течений в поровом пространстве образцов горных пород с целью определения их макроскопических характеристик... Разработанный программный комплекс применяется для расчета течений в поровом пространстве образцов горных пород, но, в сущности, может быть успешно использован и для решения других задач, связанных с моделированием течений вязких сжимаемых теплопроводных жидкостей и имеет большой потенциал развития и применения.

Разработана квазигидродинамическая модель многофазного многокомпонентного течения, учитывающая поверхностные эффекты. Данная модель в дальнейшем позволит строить сравнительно простые разностные аппроксимации для расчета многофазных многокомпонентных течений, учитывающих поверхностные эффекты, в поровом пространстве образцов горных пород с целью определения таких их макроскопических характеристик как проницаемость. Нужно отметить, что разработанная модель может быть применена и в других областях, например моделирование микротечений многофазных жидкостей в так называемых МЭМС (Микро

Электро Механических Системах), в которых важно разрешение и описание динамики межфазных границ...»

«...Результаты диссертации могут быть использованы в теоретических и прикладных исследованиях, проводимых в МГУ имени М.В. Ломоносова, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, ИММ УрО РАН, МАИ, МФТИ и других организациях и учреждениях, занимающихся исследованием и разработкой алгоритмов решения подобных задач...»

В отзыве отмечены следующие замечания по работе:

1. В тексте содержится большое количество ссылок на работы, результаты которых использованы в диссертации, и эти ссылки зачастую (стр. 12, 13, 22, 48 и др.) приводятся автором в качестве обоснования тех или иных выводов и соотношений. Значительное количество и качество использованных по существу дела источников свидетельствует в пользу автора и говорит о его высокой квалификации и владением материалами по теме. Однако, часто при этом отсутствуют комментарии и хотя бы конспективное изложение используемого материала, что затрудняет чтение текста.
2. Значительная часть работы посвящена реализации параллельного программного комплекса. Хотелось бы, чтобы автор большее внимание уделил исследованию производительности программы, масштабированию и т.п., что важно при оценке возможных дальнейших практических применений.
3. Одним из центральных мест работы является использование КГид приближения, которое характеризуется наличием специфического регуляризирующего элемента с параметром. Этому посвящено два абзаца (стр. 12), а выбору параметра – несколько предложений в разных частях текста, хотя наличие этого слагаемого играет важнейшую роль в данной работе, особенно для построения разностной схемы. Хотелось бы видеть более полный анализ преимуществ использованного подхода.

Дана следующая общая оценка работы: «Приведенные замечания не снижают ценности проделанной работы... В данном исследовании присутствуют все компоненты математического моделирования – построение моделей, разработка алгоритмов, их реализация и проведение вычислительного эксперимента. При выполнении работ по всем упомянутым компонентам автор продемонстрировал высокую квалификацию, успешно выполнив их на самом современном (в том числе и высоком математическом) уровне. Результаты обладают научной новизной и практической ценностью».

Соискатель имеет 6 опубликованных работ по теме диссертации, 4 из которых в изданиях из перечня ВАК:

4. Балашов В.А., Савенков Е.Б. Численное исследование квазигидродинамической системы уравнений для расчета течений при малых числах Маха // Журнал вычислительной математики и математической физики, 2015, том 55, № 10, с. 1773–1782;
5. Балашов В.А., Савенков Е.Б. Применение квазигидродинамической системы уравнений для прямого моделирования течений в микрообразцах горных пород // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2015. № 84. 20 с.
6. Балашов В.А., Савенков Е.Б. Применение квазигидродинамической системы уравнений для прямого моделирования течений в образцах керна// Доклады академии наук, 2016, том 467, № 5, с. 534-536;
7. Балашов В.А., Савенков Е.Б. Численное исследование двумерной квазигидродинамической модели течения двухфазной изотермической жидкости с учетом поверхностных эффектов // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. 2016. № 13. 20 с.

Выбор А.В. Колдобы в качестве официального оппонента и факультета ВМК МГУ имени М.В. Ломоносова как ведущей организации обоснован их широко известной компетенцией в разработке методов вычислительной математики применительно к численному решению задач

механики сплошных сред, в том числе, с использованием многопроцессорной вычислительной техники. Выбор Г.Н. Кувыркина как официального оппонента обоснован его компетенцией в построении термодинамически согласованных моделей механики сплошных сред.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана математическая модель для описания многофазных многокомпонентных течений с учетом поверхностных эффектов на основе квазигидродинамического подхода;

предложен разностный алгоритм для расчета двумерных двухфазных двухкомпонентных изотермических течений;

разработан параллельный программный комплекс для расчета однофазных однокомпонентных течений в поровых пространствах образцов пород-коллекторов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что разработанная математическая модель вносит существенный вклад в теорию математического моделирования задач многофазной гидродинамики.

Значение полученных соискателем результатов исследования **для практики** определяется перспективой применения разработанной модели и комплекса программ в ходе анализа и оптимизации процессов разработки нефтегазовых месторождений.

Достоверность результатов исследования подтверждается обоснованностью используемых подходов и сравнением результатов вычислительных экспериментов с результатами, полученными с помощью другого метода, а также сравнением результатов тестовых расчетов с известными в литературе, в том числе экспериментальными, данными.

Личный вклад соискателя состоит в определяющем участии в постановке задач, разработке моделей, выборе численных методов, анализе результатов и полностью – в составлении программ, проведении серий

расчетов с использованием высокопроизводительных вычислительных систем и оформлении полученных результатов.

Диссертация является целостным научным исследованием, содержащим решение актуальной задачи связанной с моделированием течений жидкости в образцах пород-коллекторов с целью определения их макроскопических характеристик.

На заседании 6 октября 2016 года диссертационный совет принял решение присудить Балашову В.А. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 7 докторов наук, участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 20, против - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель диссертационного совета

Д 002.024.03, академик РАН _____ Б.Н. Четверушкин

Ученый секретарь диссертационного совета

Д 002.024.03, к.ф.-м.н. _____ М.А. Корнилина

06 октября 2016 года