

УТВЕРЖДАЮ:

И. о. директора ИМ СО РАН,
член-корреспондент РАН
Миронов Андрей Евгеньевич



Миронов

21 февраля 2024 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт математики им. С.Л. Соболева
Сибирского отделения Российской академии наук (ИМ СО РАН)**

Диссертация Семисалова Бориса Владимировича «Моделирование течений вязкоупругих полимерных сред и слаботурбулентных процессов в бозе-газах на основе дробно-рациональных приближений и алгоритмов без насыщения» на соискание учёной степени доктора физико-математических наук выполнена в Лаборатории вычислительных проблем задач математической физики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института математики им. С.Л. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук. В настоящее время Семисалов Борис Владимирович работает в должности старшего научного сотрудника этой лаборатории.

В 2010 г. Семисалов Борис Владимирович окончил Новосибирский государственный университет, получив диплом магистра по специальности «Математика». В 2011 году им защищена кандидатская диссертация «Математическое моделирование в задачах переноса заряда в полупроводниковых кремниевых устройствах», диплом кандидата наук: серия ДКН, номер 145847, выдан 27 декабря 2011 г. Министерством образования и науки Российской Федерации по решению №6 Диссертационного совета ДМ 212.179.07 при Омском государственном университете им. Ф.М. Достоевского от 16 июня 2011 г. по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Научный консультант по докторской диссертации – д. ф.-м. н., проф. Ткачёв Дмитрий Леонидович, заведующий Лабораторией вычислительных проблем задач математической физики в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте математики им. С.Л. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук.

Докторская диссертация Семисалова Бориса Владимировича обсуждалась на заседании научного семинара ИМ СО РАН «Теоретические и вычислительные проблемы математической физики»,

проведённого в расширенном формате 21 февраля 2024 г. Выписка из протокола заседания семинара прилагается. **По итогам обсуждения принято следующее заключение.**

Оценка выполненной соискателем работы: диссертация Семисалова Бориса Владимировича «Моделирование течений вязкоупругих полимерных сред и слаботурбулентных процессов в бозе-газах на основе дробно-рациональных приближений и алгоритмов без насыщения» представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, гармонично сочетающую разработку новых моделей, методов и программ для решения двух актуальных прикладных задач: 1) моделирование течений полимерной жидкости в современных технологиях экструзии, печати и напыления и 2) описание слаботурбулентных процессов в нелинейных физических системах. Совокупность созданных новых подходов и методов моделирования можно квалифицировать как научное достижение, а внедрение результатов работы в виде комплексов программ для ЭВМ способно внести значительный вклад в описание сложных нелинейных гидродинамических систем и процессов. Работа обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в область исследований.

Основным научным достижением диссертации является разработка новых математических моделей пуазейлевских течений полимерной жидкости и нелинейных волновых взаимодействий в бозе-газах, а также создание и реализация адекватных вычислительных моделей этих процессов с учётом особенностей сделанных математических постановок и их применение для решения ряда открытых проблем. На защиту выносятся следующие **основные результаты, соответствующие пяти пунктам (пунктам 1–3, 5, 8) паспорта специальности 1.2.2 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (физико-математические науки):**

Пункт 1. Разработка новых математических методов моделирования объектов и явлений.

Разработан ряд обобщений мезоскопической модели течения несжимаемой вязкоупругой полимерной жидкости. Проведена идентификация параметров модели. Даны постановки задач о течениях пуазейлевского типа. Для течений в цилиндрическом канале получены точные стационарные решения. Предложен новый сценарий потери устойчивости течений с прямыми линиями тока.

Созданы варианты кинетических моделей стационарных и автомодельных режимов изотропного однородного волнового взаимодействия в бозе-газе. Найдены точные стационарные решения кинетического уравнения (КУ), описывающие прямой и обратный каскады. Получены формулы скорости движения автомодельных спектральных фронтов.

Пункт 2. Разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий.

Разработаны модификации полиномиальных и дробно-рациональных интерполяций для приближения решений краевых задач и задач Коши. Выведены оценки их погрешностей. Получены новые матричные аппроксимации операторов дифференцирования и интегрирования в краевых задачах с особенностями и проведён их анализ. Созданы и протестированы высокоточные методы расчёта интегралов столкновений.

Разработаны и реализованы алгоритмы решения краевых и начально-краевых задач с особенностями для нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений с частными производными эллиптического и параболического типов в приложениях произвольной размерности, а также задач Коши для КУ. Предложен и протестирован подход к апостериорному анализу погрешностей. Реализовано обобщение алгоритмов для решения задач в областях достаточно сложной геометрии.

Пункт 3. Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента.

Созданы и зарегистрированы в ФИПС три комплекса программ для ЭВМ:

Программа поиска решений краевых задач для уравнений в частных производных с высокой точностью и малыми вычислительными затратами «Нелокальный метод без насыщения». Семисалов Б.В. Язык Java. Свидетельство о гос. регистрации №2015615527 от 20 мая 2015 г.

Программа для расчёта неизотермического течения вязкоупругой полимерной жидкости между двумя соосными цилиндрами с контролем погрешности. Семисалов Б.В., Круглова Е.А. Язык MATLAB. Свидетельство о гос. регистрации №2018612874 от 22 марта 2018 г.

Программа для решения четырёхволновых кинетических уравнений, описывающих однородное изотропное взаимодействие волн в нелинейных физических системах «4WaveKESolver». Семисалов Б.В. Язык MATLAB. Свидетельство о гос. регистрации №2023687768 от 18 декабря 2023 г.

Пункт 5. Разработка новых математических методов и алгоритмов валидации математических моделей объектов на основе данных натурального эксперимента или на основе анализа математических моделей.

При использовании нового сценария потери устойчивости течений полимерной жидкости получена связь между критическими значениями чисел Рейнольдса и Вайсенберга: $Re \sim 1/W$, что соответствует данным натуральных экспериментов из [Khalid M. et al., Phys Rev Lett. 2021], [Chandra B. et al., J. Fluid Mech. 2018].

Логарифмическая поправка, найденная при выводе точного стационарного решения кинетического уравнения, объясняет результаты экспериментов из [Navon et al., Nature, 2016]. Найденные скорости автомодельной эволюции спектральных фронтов в прямом каскаде с высокой точностью совпадают с измеренными в [Navon et al., Science, 2019], [Glidden et al., Nature Physics, 2021].

Пункт 8. Комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента.

Реализован комплексный подход к верификации численных решений задачи о течении полимерной жидкости в канале с сечением эллиптической формы: с применением разработанного нелокального метода без насыщения, метода коллокаций и наименьших квадратов (МКНК) и метода конечных элементов (МКЭ) найдены приближённые решения, лежащие в различных конечномерных функциональных пространствах, и показано их высокоточное соответствие в широком диапазоне значений параметров (решение задачи с помощью МКЭ получено А.Г. Горыниным; МКНК реализован В.А. Беляевым, Л.С. Брындиным под руководством В.П. Шапеева).

Проведены комплексные исследования для верификации теории волновой турбулентности (ТВТ) в моделях динамики бозе-газа. В режиме однородного изотропного взаимодействия волн проведены сравнения спектров, полученных при численном решении уравнения Гросса–Питаевского (УГП) и соответствующего кинетического уравнения (КУ). Показано, что ТВТ даёт высокоточное описание спектра УГП на временных интервалах порядка удвоенного характерного времени эволюции спектра и отражает качественное поведение спектра УГП вплоть до blow-up решения КУ (разработка и реализация псевдоспектрального метода решения УГП с периодическими граничными условиями выполнены Ying Zhu и Giorgio Krstulovic).

Все основные научные результаты диссертационной работы **получены лично соискателем или при непосредственном участии соискателя.**

Лично автором опубликованы следующие работы и получены свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ:

1. Семисалов Б.В. О точных решениях пуазейлевского типа для течений вязкоупругой полимерной жидкости в цилиндрическом канале // ПМТФ. 2023. Т. 64, № 4. С. 139–151.
2. Семисалов Б.В. Об одном сценарии перехода к турбулентности при течении полимерной жидкости в цилиндрическом канале // Мат. моделирование. 2023. Т. 35. № 11. С. 62–78.
3. Семисалов Б.В. Применение дробно-рациональных интерполяций для решения краевых задач с особенностями // Вестн. ЮУрГУ ММП. 2022. Т. 15, № 4. С. 5–19.
4. Семисалов Б.В. Об одном подходе к численному решению задач Дирихле произвольной размерности // СибЖВМ. 2022. Т. 25, № 1. С. 77–95.
5. Семисалов Б.В. Разработка и анализ быстрого псевдоспектрального метода решения нелинейных задач Дирихле // Вестн. ЮУрГУ ММП. 2018. Т. 11, № 2. С. 123–138.
6. Семисалов Б.В. Быстрый нелокальный алгоритм решения краевых задач Неймана–Дирихле с контролем погрешности // Выч. мет. Программирование. 2016. Т. 17, № 4. С. 500–522.
7. Семисалов Б.В. Нелокальный алгоритм поиска решений уравнения Пуассона и его приложения // ЖВМиМФ. 2014. Т. 54. № 7. С. 1110–1135.

8. Свидетельство о государственной регистрации №2023687768 от 18 декабря 2023 г. Программа для решения четырёхволновых кинетических уравнений, описывающих однородное изотропное взаимодействие волн в нелинейных физических системах «4WaveKESolver» Семисалов Б.В. (язык MATLAB).

9. Свидетельство о государственной регистрации №2015615527 от 20 мая 2015 г. Программа поиска решений краевых задач для уравнений в частных производных с высокой точностью и малыми вычислительными затратами «Нелокальный метод без насыщения». Семисалов Б.В. (язык Java).

В соавторстве опубликованы следующие работы:

10. **Semisalov B.V., Medvedev S.B., Nazarenko S.V., Fedoruk M.P.** Algorithm for Solving the Four-Wave Kinetic Equation in Problems of Wave Turbulence // *Comp. math and math. phys.* 2024. Vol. 64, No. 2. P. 340–361.

11. **Zhu Y., Semisalov B.V., Krstulovic G., Nazarenko S.V.** Self-similar evolution of wave turbulence in Gross–Pitaevskii system // *Phys. Rev. E.* 2023. Vol. 108, No. 6. Art. №064207 (WOS Q1, Scopus).

12. **Zhu Y., Semisalov B.V., Krstulovic G., Nazarenko S.V.** Direct and Inverse Cascades in Turbulent Bose–Einstein Condensates // *Phys. Rev. Lett.* 2023. Vol. 130, Is. 13. Art. №133001 (WOS Q1, Scopus).

13. **Zhu Y., Semisalov B.V., Krstulovic G., Nazarenko S.V.** Testing wave turbulence theory for the Gross–Pitaevskii system // *Phys. Rev. E.* 2022. Vol. 106, No. 1. Art. №014205 (WOS Q1, Scopus).

14. **Semisalov B.V., Belyaev V.A., Bryndin L.S., Gorynin A. G., Blokhin A.M., Golushko S.K., Shapeev V.P.** Verified simulation of the stationary polymer fluid flows in the channel with elliptical cross-section // *Appl. Math. and Comput.* 2022. Vol. 430. Art. №127294 (WOS Q1, Scopus).

15. **Блохин А.М., Семисалов Б.В.** Нахождение стационарных течений пуазейлевского типа для несжимаемой полимерной жидкости методом установления // *Журн. выч. мат. и мат. физ.* 2022. Т.62, № 2. С. 305–319.

16. **Semisalov B.V., Grebenev V.N., Medvedev S.B., Nazarenko S.V.** Numerical analysis of a self-similar turbulent flow in Bose–Einstein condensates // *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation.* 2021. Vol. 102. Art. №105903 (WOS Q1, Scopus).

17. **Блохин А.М., Семисалов Б.В.** Расчёт стационарных неизотермических МГД течений полимерной жидкости в каналах с внутренними нагревательными элементами // *Сиб. журн. индустр. мат.* 2020. Т. 23, №2. С. 17–40.

18. **Блохин А.М., Круглова Е.А., Семисалов Б.В.** Оценка двух компонент погрешности численного решения задачи о неизотермическом течении полимерных растворов между двумя соосными цилиндрами // *Журн. выч. мат. и мат. физ.* 2018. Т. 58, № 7. С. 1099–1115.

19. **Блохин А.М., Круглова Е.А., Семисалов Б.В.** Стационарные неизотермические течения несжимаемой вязкоупругой полимерной жидкости между двумя соосными цилиндрами // *Журн. выч. мат. и мат. физ.* 2017. Т. 57, № 7. С. 1184–1197.

20. Блохин А.М., Семисалов Б.В., Шевченко А.С. Стационарные решения уравнений, описывающих неизотермические течения несжимаемой вязкоупругой полимерной жидкости // Мат. моделирование. 2016. Т. 28, №10. С. 3–22.

21. Блохин А.М., Семисалов Б.В. Стационарное течение несжимаемой вязкоупругой полимерной жидкости в канале с эллиптическим сечением // СибЖИМ. 2014. Т. 17, № 4(60). С. 38–47.

22. Свидетельство о государственной регистрации №2018612874 от 22 марта 2018 г. Программа для расчёта неизотермического течения вязкоупругой полимерной жидкости между двумя соосными цилиндрами с контролем погрешности. Семисалов Б.В., Круглова Е.А. (язык MATLAB).

В работах [10–13, 16] вклад соискателя состоял в создании нового алгоритма решения задачи Коши и нелинейной спектральной задачи для кинетического уравнения (КУ), а также в применении этого алгоритма для анализа слабонелинейных волновых взаимодействий в бозе-газе, для верификации точных решений КУ, для сравнения полученных результатов со спектрами решений уравнения Гросса–Питаевского и с результатами экспериментов; в [14] соискателю принадлежат постановки задач, разработка и применение нелокального метода без насыщения для их решения и сравнение с результатами других методов; в [15, 17–19] – вывод разрешающих уравнений, постановки краевых и начально-краевых задач, апостериорные оценки погрешности и результаты численного моделирования; в [20,21] – разработка вычислительного алгоритма и проведение расчётов; в [22] – создание прототипа программы. **Соискатель дал ссылки на все материалы и результаты работ других авторов**, использованные в диссертации.

Обоснованность и достоверность результатов, полученных в диссертации обеспечивается применением при разработке математических моделей фундаментальных физических законов и принципов; учётом основных свойств и особенностей исследуемых процессов на этапе разработке вычислительной модели; оценками погрешности созданных методов приближения и алгоритмов решения краевых и начально-краевых задач для уравнений с частными производными и задач Коши для кинетических уравнений; высокой точностью и скоростью сходимости, достигнутыми при численном анализе тестовых задач с известными точными решениями; высокоточным соответствием решений, полученных разработанными методами, и найденных другими численными и аналитическими методами в рассмотренных прикладных задачах; соответствием результатов моделирования экспериментальным данным в этих задачах.

Научная новизна и практическая значимость. Полученные результаты открывают новые пути решения важных проблем из двух рассмотренных областей газовой динамики и гидродинамики, среди них: поиск критериев ламинарно-турбулентного перевода при течении растворов и расплавов полимеров; управление течениями в каналах при реализации современных технологий; исследование многообразия режимов нелинейных волновых взаимодействий в физических системах, описываемых нелинейным уравнением Шрёдингера, с учётом данных экспериментальных работ и с их трактовкой; верификация и валидация теории волновой турбулентности при анализе слабонелинейных волновых взаимодействий.

В диссертации сделан важный шаг на пути к адекватному численному моделированию сложных нелинейных процессов и систем: развиты алгоритмы на основе полиномиальных и дробно-рациональных интерполяций, которые используются в областях с достаточно сложной геометрией; они позволяют существенно уменьшить объём используемой памяти и число операций, а также контролировать погрешность полученных решений за счёт учёта информации о свойствах искомых функций и благодаря авторским схемам формирования и решения задач линейной алгебры, соответствующих исходным дифференциальным моделям.

Ценность научных работ соискателя определяется их высоким научным уровнем и новизной.

Представленная работа удовлетворяет всем требованиям, которые предъявляются ВАК к докторским диссертациям по специальности 1.2.2 «математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» по отрасли «физико-математические науки». Полученные результаты соответствует пяти пунктам (пунктам 1–3, 5, 8) паспорта специальности. Материалы диссертации в полном объёме изложены в 19 статьях, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК, наличие реализованных комплексов программ для ЭВМ подтверждено тремя свидетельствами о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Диссертация «Моделирование течений вязкоупругих полимерных сред и слаботурбулентных процессов в бозе-газах на основе дробно-рациональных приближений и алгоритмов без насыщения» Семисалова Бориса Владимировича **рекомендуется к защите** на соискание учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 1.2.2 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Заключение принято на заседании научного семинара ИМ СО РАН «Теоретические и вычислительные проблемы математической физики», проведённого в расширенном формате. На заседании присутствовал 21 (двадцать один) человек. Результаты голосования:

- «за» – 21 чел. (из них д. ф.-м. н. – 12 чел., к. ф.-м. н. – 7 чел., без степени – 2 чел.),
- «против» – 0 чел.,
- «воздержалось» – 0 чел.

Протокол заседания семинара № 2 от 21 февраля 2024 г. прилагается.

Председатель научного семинара,
чл.-корр. РАН д. ф.-м. н.



Трахинин Ю.Л.

Секретарь научного семинара,
к. ф.-м. н.



Мищенко Е.В.

ВЫПИСКА ИЗ ПРОТОКОЛА ЗАСЕДАНИЯ НАУЧНОГО СЕМИНАРА

Института Математики им. С.Л. Соболева СО РАН

«Теоретические и вычислительные проблемы математической физики» в
расширенном формате

Выписка из протокола № 2 заседания научного семинара по обсуждению диссертационной работы с. н. с. ИМ СО РАН, к. ф.-м. н. Семисалов Бориса Владимировича на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.2.2. – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ по теме «Моделирование течений вязкоупругих полимерных сред и слаботурбулентных процессов в бозе-газах на основе дробно-рациональных приближений и алгоритмов без насыщения» от «_21_» _февраля_ 2024 г.

ПРИСУТСТВОВАЛИ академик РАН М.П. Федорук, академик РАН И.А. Тайманов, член-корреспондент РАН Ю.Л. Трахинин, доктора физ.-мат. наук О.Ф. Воропаева, В.Н. Гребенёв, В.П. Жуков, А.И. Задорин, С.Б. Медведев, Д.Л. Ткачёв, Г.С. Хакимзянов, Г.Г. Черных, В.П. Шапеев, кандидаты физ.-мат. наук А.Е. Беднякова, В.А. Беляев, Э.А. Бибердорф, И.А. Васева, Е.В. Мищенко, А.С. Рудомётова, Р.Е. Семенко, аспиранты Л.С. Брындин, А.Г. Горынин. Председатель заседания – член-корреспондент РАН Ю.Л. Трахинин, секретарь – к. ф.-м. н. Е.В. Мищенко.

СЛУШАЛИ: 1. Председателя научного семинара с характеристикой рассматриваемой работы.

2. Соискателя с изложением основных положений диссертации. В своём докладе Семисалов Б.В. описал проблематику, актуальность, цели и задачи исследования; представил содержание работы и список публикаций по тематике диссертации; указал степень достоверности, новизны, теоретическую и практическую значимость и ценность работы; привёл перечень результатов, выносимых на защиту и соответствующих пяти пунктам паспорта специальности 1.2.2 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ; отразил личный вклад в получение результатов.

3. Членов научного семинара с вопросами к соискателю. Были заданы следующие вопросы:

к. ф.-м. н. Р.Е. Семенко: «В чем отличие уравнения теплопроводности, приведенного в работе, от классического уравнения? В рамках предложенной обобщённой мезоскопической модели в чём состоят отличия между энергией колебания молекул и энергией, перешедшей в тепло?»

к. ф.-м. н. В.А. Беляев: «Каким способом происходит согласование значений решения между двумя подобластями в разработанном методе итераций по подобластям?»

чл.-корр. Ю.Л. Трахинин: «Какие проблемы возникли при получении точных решений в главе 3 диссертации? Почему доказательства теорем помещены в Приложения, а не в основной текст работы?»

д. ф.-м. н. В.Н. Гребенёв: Уравнение теплопроводности в рамках предложенной обобщённой мезоскопической модели записано для двухфазной среды?

На все вопросы соискатель дал исчерпывающие ответы.

4. Членов научного семинара, принявших участие в дискуссии. Прозвучали следующие заявления:

академик М.П. Федорук: «Проделана очень большая работа, я её поддерживаю.»

к. ф.-м. н. Р.Е. Семенко: «В начале работы указаны разные подходы к рассмотрению движения полимерных жидкостей. В некоторых случаях применение феноменологического и микроструктурного подходов приводят к одному конечному результату: уравнения получаются одними и теми же.»

д. ф.-м. н. Г. С. Хакимзянов: «Первое, поддерживаю включение строгих доказательств в работу, хотя работа выполнена по специальности “Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ”. Наличие доказательств теорем усиливает хорошее впечатление от работы. Второе, при сравнении результатов по предложенному в работе методу с результатами МКЭ или МКНК видим существенное улучшение по числу итераций и времени. Поскольку при вычислении использовались готовые пакеты и сравнивалось время счёта, предлагаю сослаться не только на методы, но и на их конкретную реализацию в виде зарегистрированных комплексов программ.»

аспирант А.Г. Горынин: «По поводу сравнения результатов метода, предложенного в диссертации, и метода конечных элементов, отмечу, что в пакете FEniCS Project МКЭ реализован с высокой эффективностью, и разработчики продолжают его совершенствовать. Важно также, как этот пакет был адаптирован для конкретного приложения. В нашей совместной с соискателем работе были приложены определённые усилия для повышения его точности и скорости работы в задаче о течении полимерной жидкости.»

к. ф.-м. н. В.А. Беляев: «Прошу обратить внимание на точности методов, достигнутые при решении тестовой задачи: метод конечных элементов и метод коллокаций и наименьших квадратов – относительная погрешность 10^{-5} . Метод, предложенный в диссертации – погрешность 10^{-13} . Интересно также нарисовать графики точности в зависимости от числа степеней свободы метода. Будучи соавтором соискателя, знаю, что на этих графиках также будет виден колоссальный выигрыш разработанного нелокального метода без насыщения.»

д. ф.-м. н. В. П. Шапеев: «Проделана большая работа, ошеломляющая по многообразию изучаемых вопросов. Реализация алгоритма — это комплексная работа. Алгоритм соткан из знаний разных областей математики, применены различные способы построения приближений решений. При плохой обусловленности и высокой сложности рассмотренных в диссертации задач радует точность результатов. Соискатель показал себя состоявшимся специалистом высокого класса, педагогом, имеющих учеников, умеющим работать в коллективе. Предлагаю одобрить и поддержать работу.»

д. ф.-м. н. В. Н. Гребенёв: «Получены интересные результаты в области вычислительной физики. Ранее использование готовых пакетов программ не позволяло продвинуться в решении проблем, связанных с описанием эволюции турбулентных спектров в процессе формирования конденсата Бозе–Эйнштейна. Однако появление в нашей научной группе Семисалова Б.В., который занялся разработкой новых численных методов, позволило существенно продвинуться в этих вопросах, увидеть и описать тонкие эффекты, которые важны для правильного понимания физики процесса.»

д. ф.-м. н. С.Б. Медведев: «Уже несколько лет тесно сотрудничаю с соискателем, мы имеем ряд совместных публикаций по тематике диссертации и продолжаем работу в рамках РФФИ. Безусловно, представленная диссертация заслуживает поддержки.»

ПОСТАНОВИЛИ:

Считать диссертационную работу Семисалова Б.В. на тему «Моделирование течений вязкоупругих полимерных сред и слаботурбулентных процессов в бозе-газах на основе дробно-рациональных приближений и алгоритмов без насыщения» соответствующей требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук, Постановлению Российской Федерации № 842 О порядке присуждения учёных степеней от 24 сентября 2013 г., а также Паспорту специальности 1.2.2. – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация «Моделирование течений вязкоупругих полимерных сред и слаботурбулентных процессов в бозе-газах на основе дробно-рациональных приближений и алгоритмов без насыщения» Семисалова Бориса Владимировича **рекомендуется к защите** на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.2.2 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Заключение принято единогласно открытым голосованием.

Председатель научного семинара,
чл.-корр. РАН, д. ф.-м. н.



Трахинин Ю.Л.

Секретарь научного семинара,
к. ф.-м. н.



Мищенко Е.В.