

**Заключение диссертационного совета**  
**МГУ.012.1 по диссертации на соискание ученой степени**  
**кандидата физико-математических наук**

Решение диссертационного совета от «31» марта 2025 г. №6

О присуждении Майорову Петру Александровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Математическое моделирование стратифицированных течений жидкости со свободной границей в негидростатическом приближении» по специальности 1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ принята к защите диссертационным советом 10 февраля 2025 г., протокол № 3

Соискатель Майоров Петр Александрович, 1994 года рождения. С 01.10.2018 по 30.09.2022 год соискатель обучался в аспирантуре факультета вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова на кафедре вычислительных методов.

С 03.10.2022 г. по настоящее время соискатель работает на факультете вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова на кафедре вычислительных методов в должности математика 1й категории.

Диссертация выполнена на кафедре вычислительных методов факультета вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, Соловьев Андрей Валерьевич, ведущий научный сотрудник кафедры вычислительных методов факультета вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Официальные оппоненты:

Доктор физико-математических наук, профессор, Зубов Владимир Иванович, главный научный сотрудник отдела 23 «Механика сплошных сред» Федерального исследовательского центра «Информатика и управление»

Российской академии наук,

Кандидат физико-математических наук, Гусев Анатолий Владимирович, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института вычислительной математики им. Г.И. Марчука Российской академии наук,

Доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, Криксин Юрий Анатольевич, ведущий научный сотрудник отдела 15 Института прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук.

Оппоненты дали положительные отзывы на диссертацию.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что оппоненты являются ведущими специалистами по теме диссертации, компетентны в области математического моделирования, численных методов и разработки комплексов программ, результаты их исследований, полученные за последние годы, опубликованы в ведущих зарубежных и отечественных журналах и близки по теме исследованиям соискателя, что позволяет оппонентам дать всестороннюю глубокую оценку результатам, представленным в диссертационной работе. Один оппонент имеет учёную степень кандидата физико-математических наук, два оппонента имеют учёную степень доктора физико-математических наук.

Соискатель имеет по теме диссертации 4 работы, из них 4 статьи, опубликованных, в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, в которых излагаются основные научные результаты диссертации:

1. Неявные обратимые по времени схемы КАБАРЕ для квазилинейных уравнений мелкой воды / В. М. Головизнин, Д. Ю. Горбачев, А. М. Колокольников, П. А. Майоров, Тепсук Б.А. // Вычислительные методы и программирование. 2016. Т. 17. №4 С. 402–414. [RSCI, двухлетний импакт-фактор РИНЦ: 0.468], [0.9 / 0.8]
2. Моделирование динамики жидкости со свободной поверхностью в гравитационном поле схемой КАБАРЕ / Н. А. Афанасьев, В. М. Головизнин, П.

А. Майоров, А. В. Соловьев // Математические заметки СВФУ. 2022. т. 29, N 4. с. 77–94. [Scopus, SJR: 0.344], [1.3 / 0.6]

3. Явно-неявная схема CABARETI-NH для уравнений динамики слабосжимаемой жидкости / В. М. Головизнин, Петр. А. Майоров, Н.А. Афанасьев, Павел.А. Майоров, А.В. Соловьев // Вычислительные методы и программирование. 2023. Т. 24, N 2. С. 152–169. [RSCI, двухлетний импакт-фактор РИНЦ: 0.468], [1.3 / 1.2]
4. Явный численный алгоритм для уравнений негидростатической динамики жидкости на основе схемы КАБАРЕ / В. М. Головизнин, П. А. Майоров, П.А. Майоров, А.В. Соловьев, Н.А. Афанасьев // Математическое моделирование. — 2023. Т. 35, N 5. С. 62–86. [RSCI, двухлетний импакт-фактор РИНЦ: 0.559], [1.8 / 1.6]

Перевод: Explicit numerical algorithm for the nonhydrostatic fluid dynamics equations based on the cabaret scheme / V. M. Goloviznin, P. A. Mayorov, P. A. Mayorov, A. V. Solovjev, N. A. Afanasiev // Mathematical Models and Computer Simulations. 2023. Vol. 15, no. 6. P. 1008–1023. [Scopus, SJR: 0.286], [1.8 / 1.6]

Все основные результаты, приведенные в вышеуказанных статьях и использованные в диссертации, получены автором лично под научным руководством к.ф.-м.н. А. В. Соловьева при консультациях д.ф.-м.н., проф. В.М. Головизнина. Все используемые в ходе исследований численные алгоритмы были реализованы автором в виде программного комплекса, проведено компьютерное моделирование, визуализация и описание результатов численных экспериментов. Анализ полученных результатов, в частности, сравнения с аналитическими решениями и другими численными методами, проводился автором с частичной помощью соавторов, при этом вклад автора был определяющим. В работе [1] автором построена численная схема, алгоритм ее разрешения и получены все основные результаты при научном руководстве В.М. Головизнина, остальными соавторами предложен алгоритм построения графиков дисперсионных и диссипативных поверхностей. В работе [2] вклад автора заключается в определении математической модели, построении основной численной схемы, разработке программной реализации, соавтором Н.

А. Афанасьевым предложен алгоритм учета сил поверхностного натяжения и его программная реализация. В работах [3, 4] все результаты получены автором, постановка задачи и научное руководство осуществлено А.В. Соловьевым и В.М. Головизниным, вклад остальных соавторов заключается оцифровке результатов экспериментов и в плодотворном обсуждении построенного автором численного алгоритма.

На диссертацию и автореферат дополнительных отзывов не поступило.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук является научно- квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны и реализованы различные численные методы решения задач динамики жидкости. Разработанный автором программный комплекс может быть использован для моделирования и исследования течений жидкости как в локальных постановках, так и в масштабах реальных морских акваторий на подробных вычислительных сетках.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. Математическая модель негидростатической динамики стратифицированной слабосжимаемой жидкости в смешанных эйлерово-лагранжевых переменных со свободной границей в приближении «мягкой крышки» с учетом сил Кориолиса, вязкости и диффузии.
2. Явный балансно-характеристический метод в смешанных эйлерово-лагранжевых переменных для решения системы уравнений динамики стратифицированной слабосжимаемой жидкости со свободной поверхностью над неровным дном и учетом сил Кориолиса, обладающий свойством сбалансированности.
3. Явно-неявный балансно-характеристический метод, явный - вдоль горизонтальных направлений и неявный - по вертикали, в смешанных эйлерово-

лагранжевых переменных для решения системы уравнений динамики стратифицированной слабосжимаемой жидкости со свободной поверхностью. Алгоритм гиперболической прогонки для эффективного разрешения введенной невязности.

4. Комплекс программ для моделирования задач расчета течений жидкости в негидростатическом приближении со свободной поверхностью с учетом сил Кориолиса на сетках с переменным количеством ячеек по вертикали.

5. Результаты валидации построенных алгоритмов на лабораторных экспериментах по исследованию гравитационных течений стратифицированной жидкости, подтверждающие хорошую качественную и количественную согласованность с экспериментальными данными. Результаты численного расчета течений в Черном море, подтверждающие возможность моделирования реальных морских акваторий.

На заседании 31 марта 2025 года диссертационный совет принял решение присудить Майорову П. А. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 10 докторов наук по специальности 1.2.2, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящего в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за - 15, против - 0, недействительных бюллетеней - 0.

Председатель диссертационного совета

академик РАН

Тыртышников Е.Е.

Учёный секретарь диссертационного совета,

д.ф-м.н., член-корреспондент РАН

Ильин А.В.

Декан факультета ВМК

академик РАН

Соколов И.А.

«31» марта 2025 г.

