

Отзыв научного руководителя

о диссертации Досаева Александра Сергеевича

"ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ ВОЛН НА ВОДЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА КОНФОРМНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ"

представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности - 01.06.17 – океанология

Исследования, лежащие в основе диссертационной работы А.С. Досаева, связаны с развитием полностью нелинейных методов моделирования волн на воде, основанных на использовании конформных координат. Актуальность работы не вызывает сомнений. Численное моделирование является важным инструментом исследования сильно нелинейных поверхностных волн, а применение конформных преобразований представляет собой эффективный подход к решению этой сложнейшей задачи гидродинамики несжимаемой жидкости со свободной поверхностью, в которой нелинейные граничные условия ставятся на неизвестной свободной поверхности. Следует отметить, что численное моделирование дает более детальную информацию о поведении системы, чем натурные или лабораторные наблюдения. Метод конформных преобразований показал высокую эффективность при моделировании крупномасштабного поверхностного волнения, прежде всего, волн зыби в связи с проблемой исследования природы и предсказания аномально высоких волн или «волн-убийц». В то же время, область коротких гравитационных и капиллярно-гравитационных волн в рамках этого подхода практически не изучалась, хотя волны этого диапазона существенно «более нелинейные», чем волны зыби и более длинные ветровые волны. Нелинейность коротких ветровых волн существенным образом влияет на особенности формирования оптических, а также радиолокационных изображений морской поверхности в миллиметровом, сантиметровом и дециметровом диапазонах, на особенности шероховатости и скорость приводного ветра, на диссипацию поверхностного волнения.

Использование конформных преобразований подразумевает использование приближения потенциальных течений при описании поверхностных волн. Однако на динамику коротких поверхностных волн оказывают существенное влияние ряд физических эффектов, в том числе, ветровая генерация и вязкое затухание, взаимодействие со сдвиговым течением в воде, поверхностное натяжение и т.п. Кроме того, нелинейные взаимодействия в поле волн приводят к появлению трехмерного эффекта поперечной неоднородности. Описание подобных эффектов в рамках подхода, использующего конформные преобразования, требует построения приближенных моделей. Целью работы А.С. Досаева стала адаптация моделей, основанных на методе конформных преобразований, для учета ключевых физических эффектов, определяющих динамику мелкомасштабных волн на поверхности океана, и описание значимых для практических приложений свойств этих волн.

Научная новизна диссертационной работы определяется оригинальными методами исследования и полученными новыми результатами. Она подтверждена публикациями в ведущих международных профильных журналах, а также успешным представлением на наиболее значимых всероссийских и международных конференциях по исследованию поверхностного волнения. В ходе работы над диссертацией А.С. Досаев получил ряд новых результатов, имеющих высокую научную и практическую значимость.

1. Разработана численная модель двумерных волн на воде, позволяющая, оставаясь в рамках приближения потенциального течения в конформных координатах, учитывать ветровую накачку и вязкое затухание. Модель удовлетворительно воспроизводит доступные данные лабораторных наблюдений и прямого численного моделирования в рамках уравнений Навье-Стокса для режима распространения волн без обрушений и микро-обрушений.

2. На основе численного моделирования в рамках разработанной модели предложен физический механизм горизонтальной асимметрии необрушающихся гравитационно-капиллярных волн. Показано, что асимметрия вызвана главным образом действием напряжений Рейнольдса, индуцированных паразитной капиллярной рябью. Для коротких волн значимый вклад в асимметрию вносит также действие сил поверхностного натяжения на гребне волны.

3. В слое воды с постоянной завихренностью в приближении глубокой воды получено численное решение уравнений Эйлера в виде уединенной волны конечной амплитуды и исследованы его свойства, проведено моделирование взаимодействия двух уединенных волн.

4. Предложено обобщение квази-трехмерной модели в конформных переменных, которое позволяет устранить ее погрешность, связанную с нефизической коротковолновой поперечной неустойчивостью.

5. Квази-трехмерная модель в конформных координатах, в которой устранена нефизическая коротковолновая неустойчивость, корректно описывает развитие неустойчивости волны Стокса, связанной с 5-волновыми взаимодействиями, и формирование подковообразных волн.

Достоверность полученных результатов подтверждается сравнением с экспериментальными измерениями, расчетами в рамках других моделей и аналитическими результатами. Физическая трактовка полученных результатов, находится в согласии с общепризнанными представлениями. Основные положения диссертации опубликованы в ведущих отечественных и международных журналах, докладывались на международных и всероссийских конференциях.

В заключение я могу отметить, что А.С. Досаев за время работы над темами, ставшими предметом его диссертации, вырос в самостоятельного научного работника. Он владеет самыми передовыми методами численного моделирования нелинейных волн на воде, а также навыками построения теоретических моделей нелинейных поверхностных волн. Он успешно и плодотворно взаимодействует с коллегами. В своей диссертационной работе А.С. Досаев представил исследования, которые привели к созданию и реализации в виде быстродействующих численных кодов моделей мелкомасштабных сильно нелинейных волн на поверхности океана, учитывающих ключевые физические эффекты, определяющие их динамику, и воспроизводящих их основные свойства, важные для практических приложений. Основные результаты опубликованы в ведущих профильных российских и международных журналах из «белого списка» и доложены на всероссийских и международных конференциях. Диссертационная работа и автореферат удовлетворяют всем требованиям ВАК. На мой взгляд, Александр Сергеевич Досаев, безусловно, заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.06.17 – океанология.

Научный руководитель

Зав отделом нелинейных волновых процессов
Института прикладной физики РАН,
доктор физ.-мат.наук
Троицкая Юлия Игоревна

Ю.И.Троицкая

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук» (ИПФ РАН)

603951, г. Нижний Новгород, ул. Ульянова, 46.

Телефон +7(831)436-82-97

Адрес электронной почты yuliya@ipfran.ru

26.03.2026.

Подпись сотрудницы ИПФ РАН Ю.И.Троицкой удостоверяю

Ученый секретарь ИПФ РАН

кандидат физ.-мат.наук



И. В. Корюкин