

ОТЗЫВ

официального оппонента **Чурбанова Александра Георгиевича** на диссертационную работу **Булатова Олега Витальевича** «**Численное моделирование течений в приближении мелкой воды на основе регуляризованных уравнений**», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 — математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Актуальность темы выполненной работы

Математическое моделирование, широко используемое при решении прикладных проблем науки и техники, приводит к необходимости численного решения уравнений математической физики, описывающих различные физические процессы. При этом возникает острая необходимость как в создании специализированных математических моделей, адекватно описывающих рассматриваемых класс природных явлений, так и в разработке эффективных алгоритмов для их численной реализации. Особого внимания заслуживают такие методические разработки для проблем гидродинамики ввиду их широкого распространения в прикладных исследованиях.

Предметом исследования диссертационной работы Булатова О.В. является создание новых моделей и алгоритмов для решения задач гидродинамики в приближении мелкой воды. Это направление исследований, помимо академического интереса, имеет очевидную практическую направленность, поскольку в результате позволяет рассчитывать такие сложные потоки жидкости со свободной поверхностью, как волны цунами и течения вблизи гидротехнических сооружений.

В силу вышеизложенного, тема диссертационной работы, в которой рассмотрены вопросы моделирование течений в приближении мелкой воды на основе регуляризованных уравнений, безусловно является актуальной.

Степень обоснованности и достоверности

Основные результаты диссертационной работы сформулированы в виде разработанных автором моделей, алгоритмов для их численной реализации и результатов тестовых расчетов. Положения, выносимые на защиту, прошли апробацию на различных российских и международных

научных конференциях и опубликованы в 7 печатных работах, из которых 4 статьи в рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК. Исследования, вошедшие в диссертацию, были поддержаны грантами РФФИ.

Научная новизна полученных результатов

В диссертационной работе получены следующие результаты, характеризующиеся научной новизной:

- Выведены регуляризованные уравнения мелкой воды, включая специализированный вариант для течений с малыми числами Фруда;
- Для численной реализации созданных моделей построен и исследован новый численный алгоритм, применимый к течениям как с малыми, так и с большими числами Фруда. Показано, что в данном алгоритме точно выполняется условие покоящейся жидкости. Несомненными его достоинствами являются однородность, а также возможность расчета течений с подвижными зонами сухого дна;
- Проведено параметрическое исследование и тестирование алгоритма на различных вариантах задачи Римана и течениях жидкости над неровным дном. Предложен ряд новых тестов, для которых построены автотельные решения, включая случаи ступенчатой подстилающей поверхности;
- Алгоритм расчета пространственных течений реализован как на регулярных, так и на неструктурированных сетках, что позволяет рассчитывать течения в сложных областях;
- Проведена валидация разработанного численного алгоритма на тестах с известными расчетными и экспериментальными данными. Сравнение с натурными экспериментами о набегании цунами на берег сложной формы и распространении волны прорыва в расширяющемся канале показало возможности алгоритма в расчете течений практической значимости.

Замечания по диссертационной работе

1. В работе приведено много численных результатов, полученных на последовательности сгущающихся сеток и представленных исключительно в графическом виде. Было бы гораздо нагляднее привести для выполненных расчетов реальные оценки сходимости решения по пространству, показав в той или иной норме порядок уменьшения ошибки решения при дроблении сетки.

2. В описании расчетов на неструктурированных сетках отсутствует информация об используемых сеточных генераторах или хотя бы о методах триангуляции области. Подобная информация позволила бы оценить качество используемых в приведенных расчетах сеток.
3. Было бы целесообразно более детально исследовать алгоритм расчета на треугольных сетках. В частности, сравнить точность описания состояния жидкости над подстилающей поверхностью сложного профиля с использованием и без использования условия покоящейся жидкости.

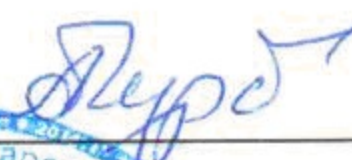
Считаю, что отмеченные выше недостатки носят редакционный характер и принципиально не влияют на общую положительную оценку работы.

Заключение

Диссертационная работа Булатова Олега Витальевича посвящена актуальным вопросам математического моделирования гидродинамических процессов. Она выполнена на хорошем научном уровне и является законченным научно-квалификационным исследованием. Научная новизна основных результатов диссертации высокая. Основные результаты диссертации прошли апробацию на международных и всероссийских конференциях и в должной мере отражены в научных публикациях, включая издания из перечня ВАК. Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации.

Работа «Численное моделирование течений в приближении мелкой воды на основе регуляризованных уравнений» удовлетворяет всем требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Булатов Олег Витальевич, безусловно заслуживает присуждения ему искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Старший научный сотрудник ИБРАЭ РАН
кандидат физико-математических наук



_____/Чурбанов А.Г./

Подпись А.Г. Чурбанова заверяю:

Ученый секретарь ИБРАЭ РАН
кандидат физико-математических наук



_____/Калантаров В.Е./