

ОТЗЫВ

официального оппонента по диссертации Чуруксаевой Владиславы Васильевны на тему «Численное исследование турбулентных течений в открытых каналах и руслах на основе модели мелкой воды», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы»

Актуальность темы исследования обусловлена растущей ролью математического моделирования в исследовании процессов, происходящих в естественных водоемах, а также большой зависимостью методов решения уравнений гидродинамики от рассматриваемой проблемы. Существующие пакеты прикладных программ не обеспечивают достаточной точности при моделировании наводнений и не позволяют получить детальную картину гидродинамики реки на протяженном участке. Предлагаемые в диссертационной работе математические и численные модели позволяют моделировать широкий круг прикладных задач, таких как образование локальных циркуляций, распространение и накопление загрязняющих веществ и моделирование ледохода с возможным образованием ледовых заторов и вызываемых ими наводнений. Этому, несомненно, способствовали наводнения, имевшие место во многих регионах России. В том числе в Приморье в 2016 году. По информации МЧС России, в этом году в Томской области ожидается сложная паводковая обстановка.

Сказанное определяет актуальность диссертации В.В. Чуруксаевой, которая продолжила и развила исследования по математическому моделированию процессов, происходящих в естественных водоемах, проводимые в Томском университете под руководством профессора А.В. Старченко.

Содержание диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы, содержащего 135 источников, в том числе 88 на иностранных языках. Ее объем составляет 159 страниц, включая 52 рисунка и 5 таблиц.

В первой главе приведен обзор литературы по проблемам, связанным с изучением естественных водоемов, моделированием течений в естественных водоемах, изложены основные подходы к моделированию течений, описанию существующих математических моделей, граничных условий, методов численного решения уравнений гидродинамики, а также используемых программных продуктов, предназначенных для решения описанных задач. На основе представленного обзора в заключении к главе приводится обоснование использования выбранного в диссертации подхода для решения задач, поставленных в исследовании.

Вторая глава посвящена описанию математической и физической постановки задачи о течении и распространении примеси в открытом канале и русле реки. Последовательно и подробно изложены предположения, в рамках которых применяется модель «мелкой воды», уравнения модели, используемые граничные условия. Выбранная математическая модель представляет собой уравнения мелкой воды, замкнутые с помощью модифицированной $k - \epsilon$ модели турбулентности Растиги и Роди, и уравнение конвекции-диффузии, описывающее движение пассивной примеси в потоке. В качестве граничных условий на твердых стенках используются пристеночные функции Лаундера-Сполдинга. Авторский вклад в модель заключается в добавлении к классической осредненной по глубине модели турбулентного течения, предложенной Роди, учета силы Кориолиса.

В третьей главе представлен численный метод решения уравнений модели, представляющий собой модификацию SIMPLE алгоритма Патанкара. Новизна метода заключается в учете изменения глубины потока не только в источниковых членах уравнений движения, но и в уравнении неразрывности.

Далее в главе представлены результаты тестирования предлагаемого подхода как на лабораторных расчетах, так и для речных течений.

Четвертая глава диссертации посвящена построению математической модели двухфазного потока «вода-ледяные частицы», разработке численного метода для решения уравнений модели, а также валидации предлагаемого подхода проведением сравнения полученных результатов с результатами экспериментальных исследований. Тестирование проводится на расчетах течения в лабораторных установках, для которых ранее было рассчитано однофазное течение. Далее представлены результаты применения данного подхода к расчету течения в р. Томь во время ледохода и затопления прибрежных территорий, связанное с подъемом уровня воды и увеличением сопротивления ледяных частиц потоку.

Достоверность и новизна защищаемых положений

Достоверность результатов диссертации определяется следующим:

- физической обоснованностью предложенных автором математических моделей;
- использованием при расчетах реальных значений физических параметров;
- совпадением результатов расчетов с известными экспериментальными данными, с результатами других авторов и согласованием с результатами расчетов, полученных с помощью лицензионного пакета программ ANSYS Fluent;
- адекватностью и достаточной точностью использованных автором численных методов и алгоритмов;
- логически ясным изложением материала диссертации.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- Построена мезомасштабная математическая модель стационарного турбулентного течения в открытом русле реки с использованием двухпараметрической модели турбулентности и учетом донного трения и силы Кориолиса, также разработан новый численный метод решения уравнений модели на основе неявной разностной схемы второго порядка с оригинальной модификацией итерационной процедуры;
- С помощью данной математической модели, дополненной модификацией модели Стритера-Фелпса, впервые получены результаты численных расчетов течения в реке Томь вблизи г.Томска и распространения примесей в ней от стационарных и мгновенных источников и показано определяющее влияние турбулентности на исследуемые процессы.
- Разработана новая математическая модель нестационарного двухфазного неизотермического движения смеси «вода-ледяные частицы», описывающая процессы в русле реки во время весеннего ледохода. Модель позволяет предсказывать положение границ водоема при изменении уровня воды. Разработан новый численный метод получения решения уравнений нестационарной модели двухфазного течения;
- На основе численного решения впервые было показано, что на характер двухфазного течения оказывает существенное влияние резкое изменение рельефа дна канала и форма частиц. Вычислительные эксперименты показали возможность

использования предложенного в работе подхода для прогноза возникновения локальных наводнений.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Научные положения и выводы, сформулированные в диссертации, обоснованы, базируются на фундаментальных законах и принципах современной механики жидкости и согласуются с результатами современных теоретических и экспериментальных исследований, с данными других авторов и результатами, полученными с помощью сертифицированного программного комплекса ANSYS Fluent, а также апробацией работы на конференциях различного уровня, публикацией в рецензируемых журналах, соответствующих тематике исследований.

Теоретическая и практическая значимость работы

Разработанные математические модели расширяют области возможного применения математического моделирования к исследованию течения в естественных водоемах, как с учетом, так и без учета ледяного покрова. Построенные численные методы уточняют существующие подходы к расчету течений со свободной границей.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты и выводы, представленные в диссертации В.В. Чуруксаевой, могут быть рекомендованы для применения в решении практических задач водопользования и предсказания опасных природных явлений, таких как наводнения и распространение в речном потоке загрязняющих примесей как от стационарных, так и от мгновенных источников. Полученные теоретические результаты могут быть использованы для дальнейшего уточнения и развития математических моделей и численных методов для расчета турбулентных течений со свободной поверхностью.

Замечания

Отмечая высокий научный уровень работы В.В. Чуруксаевой, можно, тем не менее, сделать ряд замечаний.

1. Автор, сосредоточившись на численном решении сформулированных им задач, не всегда аккуратно представляет полученные им результаты (отсутствует обозначение осей координат (стр.68-69, 81 и др.), что затрудняет анализ полученных результатов).

2. При сравнении полученных данных с результатами других авторов (Рис.3.5, стр.68) не унифицированы обозначения на осях координат и не понятны обозначения контуров продольной компоненты скорости u (Рис. 3.5 б) (по направлению течения).

3. В проведенных тестовых расчетах использовалась глубина водоема порядка 0.175 м, а в расчетах для р. Томь глубина порядка 10 метров. Проводилось ли обоснование выбора данных для использования в разработанных моделях?

4. По тексту диссертации встречаются «неточности»: стр.41 – опечатка при записи уравнения.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней

Диссертация В.В. Чуруксаевой представляет собой завершенное научное исследование, в котором решена важная научная проблема моделирования процессов, происходящих в естественных водоемах. Актуальность, новизна и полнота постановки задач сочетаются в работе с современным уровнем численной реализации и апробации алгоритмов. Проведенные численные эксперименты отличаются четкостью постановки и

практической направленностью. Получены интересные и практически важные результаты. Комплекс программ, реализующий предложенные автором методики моделирования, может быть использован при создании систем прогнозирования и анализа чрезвычайных ситуаций, связанных с загрязнением водной среды и наводнениями.

Тема диссертационного исследования соответствует п. 1 и п. 8 паспорта специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы.

Оформление диссертации в целом отвечает требованиям, установленным ВАК. Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации.

Основные результаты диссертации отражены в 11 опубликованных автором печатных работах, 3 из которых представлены в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, а также в статье, индексируемой в Web of Science.

Сделанные замечания не носят принципиального характера и не снижают общей ценности работы.

Таким образом, диссертация Чуруксаевой Владиславы Васильевны «Численное исследование турбулентных течений в открытых каналах и руслах на основе модели мелкой воды» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 - Механика жидкости, газа и плазмы является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены научно обоснованные решения и разработки в области гидродинамики речных потоков, имеющие существенное значение для развития страны. Работа соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013г. № 842, а ее автор заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 - Механика жидкости, газа и плазмы.

Официальный оппонент,
доктор физико-математических наук,
(01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы)
профессор кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности
Федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский
Томский политехнический университет»,
доцент

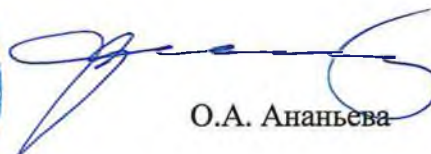

07.03.2017 г.

Перминов Валерий Афанасьевич

Адрес:
634050, г. Томск, проспект Ленина, д. 30,
тел.: 8-(38-22) 60-63-33,
perminov@tpu.ru;
<http://tpu.ru/>

Подлинность подписи Перминова В.А. подтверждаю
Ученый секретарь
Томского политехнического университета




О.А. Ананьева