

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ
И МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ГЕОФИЗИКИ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИВМиМГ СО РАН)

Просп. Академика Лаврентьева, 6, Новосибирск, 630090
Тел.: (383)330-83-53, факс (383)330-87-83, e-mail: director@sscc.ru
ОКПО 03533843, ОГРН 1025403656420, ИНН/КПП 5408100025/540801001

03.03.2017 № 15301/1-ПД.1

На № 66038/839 от 25.01.2017

Утверждаю:

И.О. директора Федерального
государственного бюджетного
учреждения науки Института
вычислительной математики и
математической геофизики СО РАН



Д.т.н. В.В. Ковалевский

«3» марта 2017 г.

Отзыв ведущей организации

на диссертацию Чуруксаевой Владиславы Васильевны « 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

Целью диссертации Чуруксаевой В.В. является разработка гидростатических математических моделей и численных методов для исследования однофазных и двухфазных изотермических турбулентных течений несжимаемой жидкости в открытых каналах и руслах рек.

Актуальность работы несомненна, так как математическое моделирование в настоящее время становится одним из основных средств изучения природных процессов, а разработка современных информационных технологий позволяет приблизить результаты теоретических исследований к конечному пользователю.

Анализ содержания диссертационной работы

Во введении автор дает обоснование актуальности данной работы, формулирует цели и задачи исследования, обосновывает научную новизну и практическую значимость полученных результатов.

Первая глава является обзорной, в ней приведены сведения, касающиеся современного состояния предметных областей исследований: моделирования речных потоков, турбулентных процессов, распространения примесей, динамики смесей и т.д.

Во второй главе дана физическая и математическая постановка задачи

исследований. Для моделирования течений и переноса примесей в речных потоках выбрана двумерная постановка задачи для осредненных по вертикали гидродинамических величин. Систему дополняет схема параметризации турбулентных характеристик с помощью осредненных по глубине уравнений для кинетической энергии турбулентности и её диссипации.

Третья глава посвящена описанию метода решения задач в области со сложной геометрией. Выбрана структурированная сетка, использован метод фиктивных областей. Основные переменные определяются на разнесенной сетке. Выписаны конкретные аппроксимации для конвективных и источниковых членов с помощью известных схем.

Позитивной частью предложенного подхода является использование метода фиктивных областей, что позволило естественным образом включить в модель ситуации с затоплением территорий во время паводков. Алгоритм решения следует идее Патанкара с отбрасыванием «неудобных» слагаемых. Однако в версии автора дана модификация алгоритма, учитывающая изменчивость толщины слоя жидкости в уравнении неразрывности, что позволило автору сократить количество итераций на 8 %.

В этой же главе приведены примеры тестовых расчетов турбулентных течений в лабораторных установках. Автор сравнила свои результаты с экспериментальными данными, с результатами других авторов на неструктурированной сетке, а также с результатами трехмерных расчетов с помощью пакета Fluent и пришла к выводу, что между ними имеется удовлетворительное качественное и количественное согласие. Однако преимуществом разрабатываемой автором модели является значительная экономия времени расчетов, что позволяет надеяться, что она может быть использована для экспресс-оценок в критических природных ситуациях.

Пункт 3.3. посвящен применению модели для расчета течений на участках рек Доммель и Томь. Для реки Томь также были выполнены сценарии по моделированию переноса примесей, поступающих из различных источников, с учетом процессов самоочищения реки.

Глава 4 посвящена численному моделированию двухфазного турбулентного течения смеси «вода- легкие частицы» в открытых каналах и реках. В качестве таких частиц рассматриваются кристаллы льда. Системы уравнений неразрывности и движения в гидростатической постановке для несущей и дисперсной фаз интегрируются по вертикали, чтобы перейти к двумерному варианту. Аналогично интегрируются уравнения для турбулентных характеристик. Тестирование модели выполнено на сценариях, имитирующих движение частиц в U –образном канале, в канале с поворотом на 90 градусов. В п. 4.6 описано моделирование процесса подтопления прибрежных участков рек во время весеннего ледохода на реке Томь.

В заключении перечислены основные результаты диссертационной работы.

Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Степень обоснованности научных положений и выводов.

Работа основана на известных постановках задач, описывающих процессы гидродинамики и переноса субстанций в изотермических турбулентных потоках. Используются современные численные методы и их реализации. Программные коды проверены на тестовых примерах. Результаты сценарных расчетов согласуются с результатами других авторов. Поэтому можно считать полученные результаты обоснованными.

Научная значимость полученных автором результатов и их новизна.

В диссертационной работе имеются следующие элементы новизны:

- построена мезомасштабная математическая модель стационарного турбулентного изотермического течения в открытом русле реки, замкнутая с помощью двухпараметрической модели турбулентности и учитывающая силу Кориолиса и влияние на поток донного трения. Реализована новая версия численного метода получения согласованного решения уравнений модели, экономичная в реализации.
- построена математическая модель нестационарного турбулентного двухфазного изотермического движения смеси «вода – ледяные частицы» в гидростатическом приближении и предложен численный метод решения уравнений модели на основе явно- неявных разностных схем.
- для реки Томь выполнены расчеты течений и качества воды, а также промоделирована возможность оценок локального подтопления прибрежных участков во время весеннего ледохода.

Соответствие специальности.

Содержание диссертации соответствует специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы», поскольку в ней представлены гидродинамические модели природных процессов (п.19 паспорта специальности).

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы

Результаты работы могут быть использованы при дальнейшем развитии исследований, построении более совершенных моделей, учитывающих термические эффекты, а также при планировании наблюдательных экспериментов по исследованию речных систем. Кроме того, результаты, относящиеся к условиям реки Томь, могут быть использованы в критических ситуациях, возникающих при ледовых заторах, и при оценке качества вод. Результаты также могут быть использованы в учебном процессе при подготовке специалистов по гидромеханике и применению методов математического моделирования при решении природоохранных задач.

Апробация работы. Чуруксаева В.В. выступала с докладами на конференциях и семинарах различного уровня по тематике работы. Основные результаты диссертации опубликованы в 11 работах, 3 из которых в журналах, рекомендованных ВАК.

Замечания

1. Используемое в работе осреднение по глубине является традиционным и позволяет проводить эффективные расчеты в оперативном режиме. Однако, это приближение имеет ряд недостатков при наличии реальной трехмерной структуры потоков.
2. Вызывает вопрос утверждение автора в пункте 6 при описании основных результатов "монотонные схемы первого и второго порядков". Эта формулировка является или неточной, или не совсем корректной.
3. Использование центральных разностей в источниках для уравнений турбулентности, как указано в диссертации, может приводить к возникновению двухшаговой вычислительной моды в решении. Как эта проблема обходится автором в диссертации - не сказано.
4. При описании результатов расчетов в диссертации приведено векторное поле только для одного теста, что не позволяет судить о наличии и оценке рециркуляционных течений в тестовых расчетах и в реальных руслах.
5. В работе имеются недостатки редакционного порядка. Опечатки в формулах, например, на стр 21, 41, 58 и др. (не указываем в каких именно, так как формулы не нумерованы). На рисунке 3.5.разница в шкалах заставляет задуматься о результатах сравнения. На рис.4.4 и 4.5.изолинии не идентифицированы.

Сделанные замечания не снижают общей высокой оценки выполненной работы.

Заключение

Суммируя изложенное, считаем, что в работе сделан значительный шаг в разработке комплекса двумерных моделей, который позволяет осуществлять численное моделирование процессов, протекающих в открытых каналах и реках. Уровень диссертации соответствует требованиям ВАК Минобрнауки РФ, а ее автор, **Чуруксаева Владислава Васильевна**, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «**Механика жидкости, газа и плазмы**».

Результаты представленной диссертации и отзыв на неё обсуждены и одобрены на совместном семинаре лаборатории математического моделирования гидротермодинамических процессов в природной среде и лаборатории математического моделирования процессов в атмосфере и гидросфере Института вычислительной математики и математической геофизики СО РАН 16 февраля 2017 (протокол №2).

Отзыв подготовили:

Заведующий лабораторией
математического моделирования
гидротермодинамических процессов
в природной среде ИВМиМГ СО РАН,
профессор, доктор физико-математических
наук по специальности 01.04.12 геофизика

Владимир Викторович Пененко

Заведующий лабораторией
математического моделирования процессов
в атмосфере и гидросфере ИВМиМГ СО РАН,
профессор, доктор физико-математических
наук по специальности 01.04.12 геофизика

Виктор Иванович Кузин