

ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата физико-математических наук Паничкина Алексея Васильевича на диссертационную работу Иванова Константина Станиславовича «Использование итерационных схем при решении систем нестационарных уравнений Навье-Стокса», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

1. Актуальность темы

Диссертационная работа Иванова К.С. содержит результаты по комплексным численным исследованиям многомерных нестационарных течений вязкой несжимаемой жидкости и применению их для решения практических задач. Тема диссертационного исследования в области вычислительной гидродинамики с определением влияния используемых численных алгоритмов на качество расчетов для определенного типа моделируемого течения является актуальной. Учет специфики конкретной задачи с оптимальным выбором численного метода позволяет получить более точные количественные результаты. Для практических целей также важен анализ возникновения переходных и нестационарных режимов течения жидкости, затронутый в диссертации.

2. Содержание работы

Диссертационная работа общим объемом 134 страницы состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы.

Во введении обоснована актуальность выбранной темы исследований, сформулированы цель и задачи, выполнен обзор научной литературы по изучаемой проблематике.

В первой главе изложен основной итерационный метод неполной аппроксимации минимальных невязок, используемый в дальнейшем для решения возникающих систем алгебраических уравнений большой размерности с заранее неизвестными свойствами операторов. Приведены модификации метода, повышающие его производительность при решении нестационарных задач, и представлены основные компоненты разработанного программного комплекса. В конце главы рассмотрено тестирование численных алгоритмов и программных средств на уравнении Бюргерса.

Вторая глава посвящена решению двумерной нестационарной системы уравнений Навье-Стокса, записанной относительно функции тока и вихря. Задача ставится в многосвязной области с применением интегральных соотношений для однозначности функции давления. Для численного интегрирования дифференциальной системы и определения аддитивных функций времени на границе области используется классический метод суперпозиции. Также приводится алгоритм численного решения исходной задачи, сформулированной только

относительно функции тока. Автор отмечает преимущество такой формулировки, связанное с отсутствием необходимости задания искусственных граничных условий для вихря и повышением устойчивости вычислительного алгоритма. Для численного решения одного уравнения четвертого порядка автор успешно применяет метод неполной аппроксимации минимальных невязок и его модификацию для групповой оптимизации итерационных параметров. Глава завершается результатами серий расчетов нескольких типов двумерных задач. Получены предельные значения для чисел Рейнольдса, при которых решение теряет устойчивость и переходит в нестационарный режим.

В третьей главе изложены результаты численных исследований пространственных течений вязкой несжимаемой жидкости. Представлены две дифференциальные формулировки исходной задачи: в физических переменных и в переменных «вихрь — векторный потенциал». Для них рассмотрены алгоритмы численного решения. В заключительной части главы автор приводит результаты применения разработанных численных методов и созданного программного комплекса к решению трехмерных нестационарных систем уравнений Навье-Стокса. Приведены решения для трех типов модельных задач с пространственными течениями вязкой несжимаемой жидкости: внутренние задачи, задачи протекания и задачи внешнего обтекания. В качестве практической разработки диссертационной работы автором представлено решение актуальной задачи о размыве грунта.

В заключительной части диссертационной работы автор формулирует основные выводы по результатам исследований и предоставляет ряд рекомендаций по использованию численных алгоритмов.

3. Новизна результатов диссертационной работы

С помощью разработанного программного комплекса проведены подробные исследования и получены новые результаты в области численного моделирования течений вязкой несжимаемой жидкости. Проведен сравнительный анализ использования различных дифференциальных формулировок и соответствующих численных алгоритмов при решении многомерных нестационарных систем уравнений Навье-Стокса. Подробно изучены условия зарождения в этих задачах неустойчивости и появления нестационарных решений.

4. Достоверность полученных результатов

Достоверность результатов диссертационной работы подтверждается устойчивыми численными решениями задач динамики вязкой несжимаемой жидкости с нестационарными краевыми условиями, а также совпадением результатов расчетов автора с известными модельными решениями и результатами других исследователей в данной проблематике.

5. Значимость полученных результатов

Результаты диссертационной работы имеют важное практическое значение, поскольку сформулированные автором выводы и рекомендации могут быть использованы исследователями в области вычислительной гидродинамики для улучшения численных результатов при решении подобных задач гидродинамики с нестационарностями.

6. Представления и публикации результатов

Основные результаты диссертационной работы достаточно полно представлены на конференциях и семинарах, опубликованы в 41 работе, в том числе, 3 статьях в изданиях, рекомендуемых ВАК. Автором получены 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

7. Замечания по оформлению и содержанию диссертации

В первой главе, на стр. 26 и 29 используются разные представления системы алгебраических уравнений с оператором A , не показан переход и преобразование билинейного уравнения в линейное. Там же на стр. 30 говорится о большей эффективности алгоритма при больших значениях параметра p_k , что не обосновывается выкладками и не подтверждается каким-либо примером.

В разделах второй и третьей глав, посвященным численным алгоритмам решения многомерных систем нестационарных уравнений Навье-Стокса, не представлены конечно-разностные схемы, не рассмотрены вопросы аппроксимации уравнений и другие вопросы обоснования применяемых методов.

В третьей главе в параграфе 3.4 не представлена постановка решаемой практической задачи в дифференциальном и дискретном видах.

8. Заключение

Указанные замечания не снижают положительную оценку диссертационной работы и не умаляют ценность полученных результатов. Диссертационная работа «Использование итерационных схем при решении систем нестационарных уравнений Навье-Стокса» является завершённым научно-исследовательским трудом, выполненном автором на высоком научном уровне, а автореферат соответствует содержанию диссертации.

Диссертация полностью удовлетворяет требованиям ВАК России, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Иванов Константин Станиславович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 - «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент: Старший научный
сотрудник лаборатории математического
моделирования в механике Омского филиала
Института математики им. С.Л.Соболева СО РАН,
кандидат физико-математических наук

А.В.Паничкин

Почтовый адрес: 644099, г.Омск, ул. Певцова, 13.

Тел.: 8-3812-23-67-39.

Е-mail: panich@ofim.oscsbras.ru

Специальность ВАК 01.01.07 - вычислительная
математика.

16.11.2015 г.

Подпись А.В.Паничкина заверяю:

В.А.Планкова

Ученый секретарь Омского филиала ИМ СО
РАН

