

ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертацию Лашкина Сергея Викторовича «Повышение эффективности трехмерного численного моделирования течений вязкой несжимаемой жидкости на произвольных неструктурированных сетках», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Диссертационная работа посвящена исследованию эффективности численных алгоритмов, описывающих турбулентные течения вязкой несжимаемой жидкости на произвольных неструктурированных сетках. В диссертации представлены результаты разработки:

- методики распараллеливания разделенного и совмещенного алгоритмов SIMPLE на неструктурированных сетках с использованием алгебраического многосеточного метода (AMG), учитывающей особенности хранения и решения распределенной системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ);
- методики решения уравнений Бринкмана-Форхгеймера на базе совмещенного алгоритма SIMPLE для моделирования течений вязкой несжимаемой жидкости в анизотропных пористых средах;

и научных исследований по:

- определению эффективности разделенного и совмещенного алгоритмов SIMPLE на примере решения характерных задач гидродинамики, описывающих турбулентные течения вязкой несжимаемой жидкости, на тысячах процессорных ядер;
- верификации совмещенного алгоритма SIMPLE при моделировании течений вязкой несжимаемой жидкости в различных телах, в том числе в пористых средах и его адаптации для эффективного решения соответствующих промышленно-ориентированных задач авиационной и атомной промышленности пакетом программ ЛОГОС.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка использованной литературы.

Во введении обоснована актуальность темы исследования и произведен обзор существующих результатов по теме. В последующих главах приводятся основные полученные результаты.

В первой главе приводится физико-математическая модель для моделирования вязких несжимаемых течений на произвольных неструктурированных сетках, представлены последовательная и параллельная реализация классического алгоритма SIMPLE на основе многосеточного метода с возможностью расчета на десятках тысяч процессоров, включающая особенности хранения и решения распределенных (параллельных) матриц СЛАУ. Рассмотрены особенности внедрения приведенного алгоритма SIMPLE в пакет программ ЛОГОС, а также проведена всесторонняя верификация на задачах, имеющих экспериментальное и аналитическое решение.

Во второй главе детально описана реализация совмещенного алгоритма для счета на произвольных неструктурированных сетках на основе многосеточного метода. Проведены исследования по сравнению эффективности счета разделенного и совмещенного алгоритмов на примере решения характерных задач гидродинамики, описывающих внутренние и внешние течения. Также представлены результаты исследований эффективности реализованного алгоритма SIMPLE при моделировании турбулентных течений вязкой несжимаемой жидкости на тысячах процессорных ядер.

В третьей главе представлено описание математической модели совмещенного алгоритма для моделирования течений в пористых средах, а также его применение для решения промышленно-ориентированных задач авиационной и атомной промышленности. Представленный алгоритм является расширением полностью неявного метода решения уравнений Навье-Стокса для расчета многофазных течений со свободной поверхностью, разработанного при непосредственном участии диссертанта.

В заключении сформулированы основные результаты, изложенные в диссертации:

1. Разработана методика параллельной реализации классического и совмещенного алгоритма SIMPLE на неструктурированных сетках на основе алгебраического многосеточного метода AMG, учитывающая особенности распределенного хранения и решения СЛАУ на десятках тысяч процессоров.

2. Проведена верификация и валидация реализованных алгоритмов на произвольных неструктурированных сетках на примере решения задач, отражающих возможность моделирования турбулентности, смешанной и естественной конвекции, теплообмена с учетом сил гравитации и нестационарных течений.

3. Исследована эффективность реализации алгоритмов при решении промышленных задач в высокопараллельном режиме на произвольных неструктурированных сетках. Определены оптимальные настройки решателя для эффективного использования при решении промышленных задач.

4. На базе совмещенного алгоритма SIMPLE разработана методика решения уравнений Бринкмана-Форхгеймера для моделирования течений в анизотропных пористых средах с возможностью полностью неявной аппроксимации линейного тензора сопротивления.

5. Разработанные методы внедрены в общую структуру пакета программ ЛОГОС с возможностью счета многообластных сопряженных задач.

6. Проведена адаптация разработанных методов для решения промышленно-ориентированных задач авиационной и атомной отраслей промышленности.

Диссертация Лашкина С.В. представляет законченную научно-квалификационную работу. Полученные новые результаты имеют определённую научную и практическую значимость в области численного моделирования течений вязкой несжимаемой жидкости. Диссертация соответствует требованиям ВАК, автор свободно владеет темой исследования и методами математического моделирования. Считаю, что диссертанту Лашкину Сергею Викторовичу может быть присуждена учёная степень кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Научный руководитель:

д.ф.-м.н., начальник научно-исследовательского
отдела ИТМФ ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»



А.С. Козелков

30.07.2018

Подпись А.С. Козелкова заверяю,
учёный секретарь ФГУП «РФЯЦ ВНИИЭФ»,
кандидат физико-математических наук



В.В. Хижняков

Сведения об организации: Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом», Федеральное государственное унитарное предприятие РОССИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР «Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» (ФГУП «РФЯЦ – ВНИИЭФ»); 607188, Нижегородская обл. г.Саров, пр. Мира, д.37, Телетайп 151535 «Мимоза» Факс 83130 29494, E-mail: staff@vniief.ru.