



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

«КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ
ИМ. АКАДЕМИКА А. Г. ШИПУНОВА»

Россия, 300001, Тула, Щегловская засека, 59. Тел. (4872) 41-0068. Факс (4872) 42-6139, 46-9861. E-mail: kbkedr@tula.net

14.11.2018 № 48864-18 /рук

На № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель управляющего
директора



В.В. Ковалев

«13» ноября 2018г.

Отдел Ученого и диссертационных
советов

ФГБОУ ВО «Московский
авиационный институт (национальный
исследовательский университет)»

125993, г. Москва, А-80, ГСП-3,
Волоколамское шоссе, д.4.

ОТЗЫВ

на автореферат **Лашкина Сергея Викторовича**, выполненной на тему «Повышение эффективности трехмерного численного моделирования течений вязкой несжимаемой жидкости на произвольных неструктурированных сетках», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 — «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Диссертационная работа Лашкина С.В. выполнена на актуальную тему, т.к. ее основные вопросы содержат решение вопросов, относящихся к проблеме повышения эффективности трехмерного численного

моделирования течений вязкой несжимаемой жидкости на произвольных неструктурированных сетках.

В последние годы существенно расширились технологии численного моделирования процессов гидродинамики с использованием высокопроизводительных вычислительных систем (суперкомпьютеров). Необходимые вычислительные ресурсы зависят от эффективности численных алгоритмов при моделировании трехмерных вязких несжимаемых течений на произвольных неструктурированных сетках. Связано это, в первую очередь, с необходимостью проведения численных экспериментов с использованием сеточных моделей, содержащих сотни миллионов и даже миллиарды расчетных ячеек на многопроцессорных системах, состоящих из десятков тысяч процессорных ядер. Подобное моделирование позволяет значительно расширить круг описываемых физических процессов и повысить точность расчета, особенно на произвольных неструктурированных сетках, являющихся безальтернативным вариантом при расчете промышленно-ориентированных задач.

В связи с этим в работе решались следующие **задачи**:

1. Разработать методику параллельной реализации классического и совмещенного алгоритма SIMPLE на неструктурированных сетках на основе алгебраического многосеточного метода AMG, учитывающей особенности распределенного хранения и решения СЛАУ на десятках тысяч процессоров. Провести верификацию и валидацию реализованных алгоритмов на примере решения характерных задач гидродинамики, описывающих турбулентные течения вязкой несжимаемой жидкости на произвольных неструктурированных сетках.

2. Исследовать эффективность реализованных алгоритмов при решении задач течений вязкой несжимаемой жидкости и газа в высокопараллельном режиме на произвольных трехмерных неструктурированных сетках. Определить оптимальные настройки для эффективного решения промышленно-ориентированных задач.

3. Разработать на базе совмещенного алгоритма SIMPLE метод решения уравнений Бринкмана-Форхгеймера для моделирования течений в анизотропных пористых средах с возможностью полностью неявной аппроксимации линейного тензора сопротивления. Провести верификацию и валидацию, а также исследовать эффективность разработанного метода.

Научная новизна работы заключается в развитии теоретических и методических основ повышения эффективности численных алгоритмов, а именно:

1. Разработана методика параллельной реализации классического и совмещенного алгоритмов SIMPLE на основе алгебраического

многосеточного метода AMG, учитывающая особенности распределенного хранения и решения СЛАУ на десятках тысяч процессоров.

2. Проведена верификация классического и совмещенного алгоритмов SIMPLE на примере решения характерных задач гидродинамики, описывающих турбулентные течения вязкой несжимаемой жидкости на произвольных неструктурированных сетках.

3. Исследована эффективность параллельной реализации классического и совмещенного алгоритмов SIMPLE и определены оптимальные настройки многосеточного метода AMG для эффективного использования при решении промышленно-ориентированных задач.

4. Разработан новый метод решения уравнений Бринкмана-Форхгеймера на базе совмещенного алгоритма SIMPLE для моделирования течений вязкой несжимаемой жидкости в анизотропных пористых средах с возможностью полностью неявной аппроксимации линейного тензора сопротивления.

Практическая значимость полученных результатов работы состоит в разработке и реализации в отечественном пакете программ ЛОГОС численных методов решения системы уравнений Навье-Стокса и в настоящее время успешно применяются для решения задач АО «КБП» при проектировании изделий номенклатуры ВВТ АО «КБП», в том числе гидротормозных устройств пушечных установок. Использование современных методов трехмерного моделирования, реализованного в пакете программ ЛОГОС с применением высокопроизводительных вычислительных систем, позволяет существенно повысить качество проектирования и сократить время разработки изделий.

К недостаткам работы следует отнести то, что в автореферате:

- не отражен суммарный процент повышения эффективности расчетов;
- указано, что при турбулентных течениях нужно повышать коэффициенты релаксации, однако не приведена их величина при счете промышленно-ориентированных задач.

Тем не менее это не снижает уровень работы Лашкина С.В.

Выводы:

1. Диссертационная работа Лашкина С.В. на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук содержит новое решение актуальной научной задачи, заключающееся в повышении эффективности численных алгоритмов при моделировании трехмерных вязких несжимаемых течений на произвольных неструктурированных сетках.

2. Содержание автореферата соответствует паспорту специальности 05.13.18 - Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

3. Диссертация соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Соискатель Лашкин С.В. достоин присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Д.т.н., Технический руководитель по комплексам активной защиты и пушечному вооружению
АО «КБП» - акционерное общество
«Конструкторское бюро приборостроения им. академика А. Г. Шипунова»
Адрес: 300001, г.Тула,
Щегловская засека, д. 59
E-mail: kbkedr@tula.net
Тел. (4872) 42-61-39



Ю.Г. Нечепуренко