

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора физико-математических наук Соколинского Леонида Борисовича **на диссертацию Куликова Игоря Михайловича** «Математическое моделирование трехмерных гидродинамических процессов в самосогласованном гравитационном поле на суперЭВМ», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Актуальность темы исследований определяется необходимостью формулировки математических моделей гидродинамических процессов с учетом гравитационного поля, разработки, обоснования и верификации вычислительных методов для их разрешения, а также эффективной параллельной реализации методов на современных высокопроизводительных вычислительных системах, и комплексного исследования с помощью вычислительного эксперимента научных проблем упруго-пластических деформаций, астрофизики и геофизики.

Основная цель диссертационного исследования – разработка математического аппарата для описания гидродинамических течений в ходе эволюции астрономических объектов и его программная реализация на современных высокопроизводительных вычислительных системах. Из всего многообразия гидродинамических течений акцент сделан на моделях упруго-пластических деформаций с учетом фазовых переходов «твердое тело – жидкость – газ», возникающих в задачах столкновения метеоритов с поверхностью планет на ранней стадии взаимодействия, а также на гидродинамических и магнитно-гидродинамических моделях для описания астрономических объектов от протопланетного диска до крупномасштабных космологических структур. В диссертационной работе Куликова И.М. подробно и полно исследованы трехмерные гидродинамические процессы в самосогласованном гравитационном поле, что представляется важным в теоретическом и практическом плане. Поставленные и исследованные задачи, безусловно, являются актуальными. Несомненна и *практическая значимость диссертационного исследования*, что подтверждается наличием разработанных лично автором программ для ЭВМ, используемых в российских и зарубежных научных центрах.

Обоснованность и достоверность полученных результатов основана на применении математических моделей и вычислительных методов, верифицированных на классических и расширенных наборах тестов, сравнении результатов моделирования с лабораторными экспериментами и астрономическими наблюдениями.

Научная новизна полученных в работе результатов состоит в следующем.

1. Построена новая математическая модель упруго-пластических деформаций с учетом фазовых переходов, с помощью которой объяснены процесс волнообразования и динамика кумулятивной струи, возникающей при косом соударении двух пластин.
2. Построена не имеющая аналогов термодинамически согласованная гидродинамическая модель астрономических объектов, основанная на совместном решении уравнений гравитационной (магнитной) газовой динамики и уравнений для первых моментов бесстолкновительного уравнения Больцмана.
3. Разработан новый численный метод высокого порядка точности на гладких решениях и с малой диссипацией решения в области разрывов для решения гиперболических уравнений, основанный на комбинации метода разделения операторов, метода Годунова и кусочно-параболического метода на локальном шаблоне.
4. Впервые с помощью термодинамически согласованной гидродинамической модели смоделирован процесс взаимодействия галактик, и экспериментально обоснована гипотеза об области повышенной скорости звездообразования за фронтом ударных волн, возникающих при столкновении галактик.
5. На основе разработанных вычислительных моделей впервые реализован программный код для моделирования астрономических объектов на высокопроизводительных вычислительных системах с ускорителями Intel Xeon Phi, основанный на двухуровневой геометрической декомпозиции расчетной области.

Основные результаты диссертации опубликованы в авторитетных рецензируемых научных изданиях и докладывались на высокоуровневых профильных российских и международных конференциях. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ. Автореферат полно и правильно отражает содержание диссертации.

В качестве **замечаний**, не снижающих общего высокого уровня работы, можно отметить следующее.

1. Содержание глав 1, 2 и 3 диссертации построено таким образом, что выкладки автора перемежаются с теоретическими построениями других ученых, и зачастую трудно понять, где кончаются чужие результаты и начинаются результаты автора диссертации. Имело смысл вынести чужой теоретический базис в отдельную вводную главу и далее использовать ссылки на эту главу.

2. В выводах по главам отсутствуют ссылки на публикации автора, в которых опубликованы соответствующие результаты.
3. Не очевидна целесообразность использования английского языка на рис. 36 (стр. 176 диссертации). То же относится к рис. 38 (стр. 180), 39 (стр. 180), 41 (стр. 184), 44 (стр. 194), 52 (стр. 202), и так далее.
4. На рис. 38 (стр. 180 диссертации) не понятно, что подразумевает автор под термином «processors»: процессорные ядра, сокет или процессорные узлы. В любом случае, число 30 является очень маленьким для исследования масштабируемости.
5. На стр. 179 диссертации обсуждается реализация и масштабируемость решения уравнения Пуассона с использованием стороннего пакета FFTW. Не понятно, зачем это делается.
6. На стр. 179 имеется раздел без номера «Исследование параллельной реализации». Не понятно, о какой реализации идет речь.
7. На рис. 39 (стр. 181), на графике масштабируемости программы, реализованной с использованием технологии MPI, по оси абсцисс следует откладывать не количество процессорных ядер, а количество вычислительных узлов.
8. На рис. 44 (стр. 194) на правом графике исследуется масштабируемость в пределах 30 вычислительных узлов. Этого явно недостаточно, так как доступные российским ученым современные вычислительные системы имеют сотни узлов.
9. В тексте диссертации не отражены вопросы векторизации и выравнивания данных для реализаций на Xeon Phi, что может увеличить скорость вычислений в десятки раз. Также не приведен процент утилизации (отношения времени использования к времени простоя) вычислительных ядер Xeon Phi.
10. В диссертации отсутствует сравнение эффективности использования программных пакетов автора со сторонними пакетами.

Заключение. Считаю, что диссертация Куликова Игоря Михайловича «Математическое моделирование трехмерных гидродинамических процессов в самосогласованном гравитационном поле на суперЭВМ» является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как крупное научное достижение в области математического моделирования трехмерных гидродинамических процессов в самосогласованном гравитационном поле, соответ-

ствуует всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук, согласно п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней» с изменениями постановления Правительства Российской Федерации от 21 апреля 2016 г. № 335 «О внесении изменений в Положение о присуждении ученых степеней», а ее автор, Куликов Игорь Михайлович, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Официальный оппонент,
проректор по информатизации
ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)»,
д.ф.-м.н., профессор



Соколинский Л.Б.

21 января 2017 г.

e-mail: leonid.sokolinsky@susu.ru
тел.: +7 (351) 272-35-00



Соколинский Леонид Борисович,
доктор физико-математических наук,
специальность 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ,
профессор по кафедре системного программирования,
проректор по информатизации,
заведующий кафедрой системного программирования
Федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования «Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»

Адрес: 454080, Российская Федерация, Челябинск, пр. Ленина, 76,
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)» (ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)»)
Телефон: +7 (351) 267-99-00
Факс: +7 (351) 267-99-00
E-mail: info@susu.ru
Сайт: <http://www.susu.ru>