

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации

Берендеева Евгения Андреевича

«Численное моделирование динамики плазмы

в осесимметричных магнитных ловушках-мишених»,

представленной на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук по специальности

05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Диссертация Берендеева Е.А. посвящена численному моделированию плазмы в магнитной ловушке-мишени. Используется математическая модель на основе уравнений Больцмана-Максвелла. Численное моделирование производится на основе метода частиц в ячейках для расчёта движения частиц в самосогласованных электромагнитных полях и метода Монте-Карло для описания процессов столкновения. Берендеевым Е.А. предложен новый способ вычисления сеточных значений плотности тока при моделировании в цилиндрической системе координат, а также разработаны схемы организации параллельных вычислений, адаптированные для рассматриваемой задачи. Разработан комплекс программ для численного моделирования плазмы на суперкомпьютерах. В результате вычислительного эксперимента установлены основные параметры плазмы в ловушке-мишени.

Работа построена следующим образом. Во введении излагается современное состояние исследований в области численного моделирования плазмы, обосновываются актуальность и научная новизна работы, формулируются выносимые на защиту результаты, приводится краткое описание структуры диссертации.

Первая глава посвящена построению численной модели осесимметричной магнитной ловушки-мишени. Приводятся описание и основные характеристики плазменной ловушки-мишени, рассматриваются основные физические процессы, определяются критерии для построения корректной численной модели. Динамика плазмы описывается системой уравнений Больцмана-Максвелла, приводится обзор численных методов и программных средств для решения этих уравнений. Приводится описание метода частиц в ячейках для численного моделирования плазмы, а также метода Монте-Карло для моделирования столкновения заряженных частиц с нейтральными.

Во второй главе излагаются численные методы, используемые для решения основных уравнений. Уравнения движения частиц решаются с помощью схемы Бориса в цилиндрической системе координат. Решение уравнений Максвелла производится с помощью конечно-разностного метода FDTD. Основное внимание уделяется способу вычисления сеточных значений плотности тока, создаваемого движением частиц. Отмечаются недостатки широко используемых в декартовых координатах ядер (форм факторов) частиц при моделировании в цилиндрической системе координат. Описывается разработанная Берендеевым Е.А. новая схема вычисления плотности токов, обеспечивающая выполнение конечно-разностной формы уравнения неразрывности.

В третьей главе приводится краткий обзор основных подходов к организации параллельных вычислений при моделировании плазмы методом частиц в ячейках. Предлагается новый способ статической балансировки нагрузки для вычислительных систем на分散ной памяти, основанный на эйлерово-лагранжевой декомпозиции. Приводятся результаты вычислительных экспериментов на суперкомпьютере «Ломоносов» с использованием до 8196 ядер, подтверждающие достаточно хорошую масштабируемость разработанной программной реализации: при использовании 8196 ядер достигнуто ускорение 7,05 раз по сравнению с 1024 ядрами.

В четвёртой главе приводятся основные результаты вычислительных экспериментов. В результате численного моделирования автором было получено распределение плотности катодных электронов, выполнен расчет динамики ионов. Также рассматривается прохождение плазмы через магнитную пробку с двухступенчатым падением плотности всех ионных компонент плазмы вдоль оси.

В заключении приведены основные результаты работы и перспективы дальнейших исследований.

В автореферате представлен список публикаций автора, содержащий 6 публикаций из изданий, входящих в перечень журналов, рекомендованных ВАК; ряд публикаций индексируется в международных базах цитирования Web Of Science из Scopus. Судя по автореферату, работа прошла достаточную апробацию на российских и международных конференциях.

Автореферат содержит следующие недостатки:

1. Схема организации параллельных вычислений и балансировки нагрузки в автореферате описана поверхностно. Более подробное описание позволило бы понять достоинства, недостатки и границы применимости указанной схемы. Представляет интерес вопрос о сравнении данной схемы с другими возможными.
2. На рисунке 2 присутствует неточность. Судя по приведенным в автореферате пояснениям, подпись «общее число процессоров» следует заменить на «общее число ядер».

Указанные замечания не носят принципиального характера. Судя по содержанию автореферата, диссертация Берендеева Е.А. удовлетворяет требованиям к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а ее автор, Берендеев Е.А., заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Доцент кафедры математического обеспечения
и суперкомпьютерных технологий
института информационных технологий,
математики и механики
Нижегородского государственного университета
им. Н. И. Лобачевского,
к.т.н., доцент

Диссертация защищена по специальности 05.13.18-
*математическое моделирование,
численные методы и комплексы
программ*

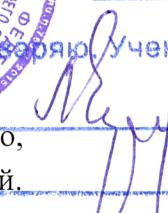
 Meerov Иосиф Борисович

28 августа 2017 года



 Meerov I. B.
Черноморская Ученый секретарь ННГУ

П.Ю. Черноморская
Тел. 462-30-21

 28.08.2017 г.

603950, Нижний Новгород, проспект Гагарина, 23, к. 2
Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского,
Каф. математического обеспечения и суперкомпьютерных технологий.
Тел.: +7-831-462-33-56
E-mail: meerov@vmk.unn.ru