

Секция «Вычислительная математика и кибернетика»

Суперкомпьютерное моделирование кинетики тороидальной плазмы

методом Монте-Карло

Аникеев Фёдор Александрович

Студент

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Факультет
вычислительной математики и кибернетики, Москва, Россия*

E-mail: snowfed@gmail.com

В настоящее время ведутся интенсивные исследования по поиску новых источников энергии. Одним из наиболее перспективных направлений является управляемый термоядерный синтез (УТС). Международным сообществом с участием России реализуется проект строительства реактора-токамака ITER [5], который призван показать экономическую целесообразность использования термоядерной энергии в промышленных масштабах. В основе функционирования токамака лежит идея удержания плазмы магнитным полем тороидальной конфигурации и нагрев её до температуры, при которой начинается термоядерный синтез изотопов водорода.

Одной из важных задач проблемы УТС является моделирование поведения частиц высоких энергий, так как именно такие частицы определяют энергобаланс в плазме и эффективность термоядерной электростанции [1, 2]. В частности, с быстрыми частицами связан эффект нагрева плазмы высокочастотным магнитным полем, а также тепловые нагрузки на элементы конструкции установки.

Для описания движения заряженных частиц применяется Ланжевеновский подход [3, 4]. Рассматривается ансамбль частиц, поведение каждой из которых описывается уравнением движения в шестимерном фазовом пространстве (три геометрические и три скоростные переменные) при наличии силы со стороны электромагнитного поля и случайной силы, вызванной кулоновскими столкновениями. Случайная сила моделируется трёхмерным, действующим в пространстве скоростей, оператором кулоновских столкновений с усреднёнными по гироуглу коэффициентами.

До сих пор применялись более простые модели с размерностью фазового пространства меньшей, чем шесть, и двумерным оператором кулоновских столкновений. Однако современные суперкомпьютеры позволяют перейти к рассмотрению более сложных моделей, основанных практически на исходных принципах.

Целями работы являются создание численного метода решения задачи для ЭВМ с параллельной архитектурой, разработка программного обеспечения и проведение методических и исследовательских расчётов на суперкомпьютере.

Предложенный численный метод основан на интегрировании системы о.д.у. с помощью схемы с перешагиванием и моделировании случайной силы методом Монте-Карло.

В докладе сформулирована математическая задача, представлен численный метод, обсуждено тестирование алгоритма на модельных примерах, исследование его эффективности и возможность применения к решению реальных задач.

Литература

1. Днестровский Ю.Н., Костомаров Д.П. Математическое моделирование плазмы. М.: Наука, 1993.

2. Зайцев Ф.С. Математическое моделирование эволюции тороидальной плазмы. М.: МАКС Пресс, 2011.
3. Putvinskii S., Tubbing B. Statistical approach to the solution of Fokker-Planck kinetic equation // JET Joint Undertaking. 1993. №3. P. 1–8.
4. Snook I. The Langevin and generalised Langevin approach to the dynamics of atomic, polymeric and colloidal systems. Amsterdam: Elsevier, 2007.
5. Страница проекта ITER: <http://www.iter.org>

Слова благодарности

Спасибо моему научному руководителю Зайцеву Ф.С.