

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА СГЛАЖЕННЫХ ЧАСТИЦ ДЛЯ РАСЧЁТА ТОКОВ В ТОРОИДАЛЬНОЙ ПЛАЗМЕ, ВЫЗВАННЫХ ГРАДИЕНТОМ ДАВЛЕНИЯ

*Анижеев Федор Александрович*¹

1: *Аспирант, факультет ВМК МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия*

2: *Младший научный сотрудник НИИСИ РАН, Москва, Россия*

E-mail: snowfed@gmail.com

Одним из наиболее перспективных направлений в решении проблемы овладения новыми источниками энергии является управляемый термоядерный синтез (УТС). В настоящее время международным сообществом с участием России реализуется проект строительства реактора-токамака ITER [1], который призван показать экономическую целесообразность использования термоядерной энергии в промышленных масштабах.

В тороидальной плазме присутствует множество различных электрических токов, как специально генерируемых, так и связанных с её геометрией. Важную роль играют токи, вызванные градиентом давления, в том числе, так называемый, бутстреп-ток. В частности, наличие большой доли бутстреп-тока повышает эффективность термоядерного реактора за счёт повышения эффективности нагрева плазмы. Поэтому детальное изучение электрических токов в плазме имеет принципиальное значение.

В данной работе применяется новый перспективный подход для расчета токов, вызванных градиентом давления, и моделирования кинетики тороидальной плазмы в целом. Подход основан на методе сглаженных частиц (SPH, [2, 3]). Модификация этого метода для кинетики плазмы называется Smoothed Particle Kinetics (SPK, [4]).

В докладе будет рассмотрена постановка общей задачи и обсуждено решение одной из её составных частей, занимающей основную часть времени вычислений: расчет движения заряженных частиц в тороидальном магнитном поле.

Для решения подзадачи расчёта траекторий предложен новый эффективный параллельный алгоритм. Алгоритм ориентирован на современные параллельные вычислительные системы, состоящие из многоядерных узлов, каждый из которых содержит нескольких графических ускорителей. Алгоритм реализован программно на комбинации языков Fortran 2008, C++11 и OpenCL C. Применены технологии MPI и OpenMP.

Расчеты проводились на гибридных супер-ЭВМ НИИСИ РАН [5]. Показана высокая эффективность данной вычислительной установки для расчета токов в ториальной плазме, вызванных градиентом давления. Продемонстрирована высокая масштабируемость предложенных параллельных алгоритмов.

В заключение автор выражает признательность своему научному руководителю профессору Ф. С. Зайцеву за помощь в проведении исследований.

Литература

1. Страница проекта ITER: <http://www.iter.org>
2. Monaghan J. J. Smoothed particle hydrodynamics. // Rep. Prog. Phys. 2005, V. 68, P. 1703-1759.
3. Liu M. B., Liu G. R. Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH): an Overview and Recent Developments. // Arch. Comput. Methods. Eng. 2010, V. 17, P. 25-76.
4. Zaitsev F. S. Mathematical modeling of toroidal plasma evolution. English edition. - Moscow: MAKS Press, 2014, 688 p.
5. Страница с описанием вычислительных систем МСЦ НИИСИ РАН: <http://www.jscc.ru/scomputers.shtml>