

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Берендеева Евгения Андреевича «Численное моделирование динамики плазмы в осесимметричных магнитных ловушках-мишениях», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Содержание диссертационной работы Е.А. Берендеева, изложенное в автореферате, составляет разработка математических моделей, создание программных средств и проведение численных экспериментов для моделирования поведения плазмы в осесимметричной магнитной ловушке, предназначеннной для нейтрализации пучков отрицательных ионов и получения интенсивных нейтральных пучков – одного из инструментов современных термоядерных исследований.

Численное моделирование и соответствующие программные средства играют все более важную роль в современных научных исследованиях. Их использование позволяет сократить расходы на проведение экспериментальных работ и повысить качество планирование экспериментов.

Существующие в настоящее время коммерческие программные продукты, предназначенные для моделирования поведения плазмы в магнитных ловушках, как правило универсальны, имеют охват довольно широкого круга явлений, однако зачастую не приспособлены для учета тонких эффектов, имеющих место при решении конкретных задач. Кроме того, использование зарубежных коммерческих кодов может встретить серьезные ограничения лицензионного характера. Поэтому создание собственных программных средств является важной задачей. Автор пошел как раз по пути создания собственного программного комплекса для решения упомянутой практической задачи, что вполне соответствует стратегии импортозамещения, принятой в стране. Все это определяет **актуальность** данной работы.

Для решения задачи автор разработал **новую** численную модель плазмы в магнитной ловушке, сочетающую подходы метода частиц в ячейках и метода статистических испытаний (метод Монте-Карло). Модель описана в 1-й главе. Для решения уравнений модели автором разработан **новый** численный метод расчёта плотности тока, что позволило ему отказаться от решения ресурсоёмкого уравнения Пуассона для корректировки значения электрического поля (2-я глава). Как и во всех современных сложных расчетах, автором применяется распараллеливание вычислений, причем им **впервые** предложен вариант распределения вычислительной нагрузки для адаптивного шага по времени (3-я глава).

На основе разработанных численных методов и комплекса программ для моделирования динамики плазмы в магнитной ловушке-мишени **впервые** проведен расчет динамики плазмы, определены потоки плазмы через торцы ловушки. Результаты расчётов показали, что образующаяся плазма имеет достаточную степень однородности и заполняет практически всю длину ловушки. С помощью вычислительных экспериментов показано, что используемая магнитная система позволяет добиться достаточно малого потока плазмы из ловушки. Расчётные данные плотности всех компонент плазмы в области магнитной пробки согласуются с данными экспериментов.

Все перечисленные разработки и результаты расчетов поведения плазмы в ловушке являются новыми и получены впервые. Это определяет научную новизну работы.

Разработанные автором модели и программные средства имеют практическое значение. Они могут использоваться для расчетного сопровождения экспериментальных работ по созданию интенсивных атомарных пучков для термоядерных исследований, для планирования экспериментов и для интерпретации их результатов.

Полученные автором результаты считаю вполне достоверными. Это обеспечивается физической обоснованностью моделей, тщательным тестированием кода, а также сопоставлением результатов расчета с экспериментом, к сожалению, только мельком упомянутым в тексте реферата.

Полное отсутствие информации об экспериментах и сопоставлении их результатов с расчетами – это основное общее замечание к реферату. Такое сопоставление – один из основных этапов разработки расчетного кода, оно показывает предсказательную способность кода и заслуживает существенно большего внимания при изложении результатов работы.

Несмотря на отмеченный недостаток, работа достойна высокой оценки. Это законченная научная работа, сделанная на высоком уровне. Ее результаты имеют практическое значение.

Представленный в автореферате список публикаций достаточно полно отражает личный вклад автора в решение задач и выполненные научно-исследовательские работы, результаты которых выносятся автором на защиту.

Содержание диссертации, изложенное в автореферате, соответствует паспорту специальности.

На основании изложенного считаю, что кандидатская диссертация Е.А Берендеева. удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по заявленной специальности и полностью соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а Е.А. Берендеев заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Заместитель заведующего отделением
Анализа безопасности ядерных энергетических установок
Института проблем безопасного
развития атомной энергетики
Российской академии наук
доктор физико-математических наук,
01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы

Семенов

Семенов Владимир Николаевич

115191, Москва, Б.Тульская, 52
8 (495) 955-22-59
sem@ibrae.ac.ru

Подпись В.Н. Семенова удостоверяю.
Ученый секретарь ИБРАЭ РАН
к.т.н.

15.09.2017 г.

