

Результаты публичной защиты

Дата защиты 06.10.2016

Соискатель: **Перепёлкина Анастасия Юрьевна**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук «Трехмерный кинетический код для моделирования замагниченной плазмы». Специальность 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

На заседании председательствует – ПРЕДСЕДАТЕЛЬ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА, академик РАН, д.ф.-м.н., профессор Б.Н. ЧЕТВЕРУШКИН.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ – к.ф.-м.н., М.А. КОРНИЛИНА.

На заседании присутствовали 17 членов совета из 25 членов диссертационного совета, из них 6 докторов по профилю рассматриваемой диссертации:

1. ЧЕТВЕРУШКИН Б.Н.	д.ф.-м.н.	05.13.18
2. КАЛИТКИН Н.Н.	д.ф.-м.н.	01.02.05
3. КОРНИЛИНА М.А.	к.ф.-м.н.	05.13.18
4. АНДРЕЕВ В.Б.	д.ф.-м.н.	01.01.07
5. ВАСИЛЕВСКИЙ Ю.В.	д.ф.-м.н.	01.01.07
6. ДОЛГОЛЕВА Г.В.	д.ф.-м.н.	01.01.07
7. ЕЛИЗАРОВА Т.Г.	д.ф.-м.н.	01.02.05
8. ЗМИТРЕНКО Н.В.	д.ф.-м.н.	01.02.05
9. КОВАЛЕВ В.Ф.	д.ф.-м.н.	05.13.18
10. КОЗЛОВ А.Н.	д.ф.-м.н.	01.02.05
11. КУЛЕШОВ А.А.	д.ф.-м.н.	05.13.18
12. ЛУЦКИЙ А.Е.	д.ф.-м.н.	01.02.05
13. МАЖУКИН В.И.	д.ф.-м.н.	05.13.18
14. МИЛЮКОВА О.Ю.	д.ф.-м.н.	01.01.07
15. ПОЛЯКОВ С.В.	д.ф.-м.н.	01.01.07
16. ШПАТАКОВСКАЯ Г.В.	д.ф.-м.н.	05.13.18
17. ЯКОВОВСКИЙ М.В.	д.ф.-м.н.	05.13.18

По результатам публичной защиты диссертационный совет принял следующее заключение:

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.024.03
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
“ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ им. М.В. КЕЛДЫША
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК” ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело N _____

решение диссертационного совета от 06 октября 2016 г. № 2

О присуждении **Перепёлкиной Анастасии Юрьевне**, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация “Трёхмерный кинетический код для моделирования замагниченной плазмы” по специальности 05.13.18 — математическое моделирование, численные методы и комплексы программ принята к защите 26 мая 2016 г., протокол № 9 диссертационным советом Д 002.024.03 на базе Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук», 125047, Москва, Миусская пл., д.4, приказ №105/нк от 11 апреля 2012 года.

Соискатель Перепёлкина Анастасия Юрьевна 1989 года рождения.

В 2011 году соискатель окончила Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего профессионального образования “Национальный исследовательский ядерный университет “МИФИ”, факультет Экспериментальной и теоретической физики, кафедру Теоретической ядерной физики, ей присуждена степень магистра “Прикладных математики и физики” по направлению “Прикладные математика и физика”.

В период 2011-2014 гг. соискатель обучалась в очной аспирантуре ИПМ им. М.В. Келдыша РАН по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Работает младшим научным сотрудником в Научно-образовательном центре “Прикладная математика” на базе Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук»

Диссертация выполнена в Федеральном государственном учреждении «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук», отдел №3, сектор №3.

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук **Левченко Вадим Дмитриевич**, заведующий сектором 3 отдела 3 Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук».

Официальные оппоненты:

1. **Брантов Андрей Владимирович**, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник отделения квантовой радиофизики, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический институт имени П.Н.Лебедева Российской академии наук (ФИАН).

2. **Бородачёв Леонид Васильевич**, доктор физико-математических наук, доцент, доцент кафедры математики физического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова».

дали **положительные отзывы** на диссертацию.

Ведущая организация Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения РАН (ИВМиМГ СО РАН), Новосибирск, Россия, в своем **положительном** заключении, подписанном **Вшивковым Виталием Андреевичем**, доктором физико-

математических наук, профессором, заведующим лабораторией параллельных алгоритмов решения больших задач ИВМиМГ СО РАН, **указала, что**

«Впервые реализован трёхмерный код кинетического моделирования плазмы на основе LRnLA алгоритмов. Разработаны новые LRnLA алгоритмы для метода частиц с учётом возможности разномасштабности во времени. Впервые проведены трёхмерные вычисления для исследования вейбелевской неустойчивости при взаимодействии лазера с плазмой, включая в область поперечную огибающую падающего импульса. При этом для расчета был использован персональный компьютер.

Практическая значимость работы состоит в следующем. Разработанный программный комплекс используется для численных вычислений физики плазмы, что полезно и для фундаментальных, и для прикладных исследований. Программный комплекс обладает высокой эффективностью, позволяет проводить расчёты с высокой скоростью без существенных приближений. Быстрый темп счёта делает удобным проведение серий расчётов, а при дальнейшем развитии метода становится возможным планирование сверхбольших задач. В качестве примера применения кода проведён ряд расчётов по взаимодействию лазерного излучения со сверхкритическим плазменным слоем. Выделена роль филаментационной неустойчивости и определена доля энергии, уходящая на генерацию магнитных полей, что может быть полезным при планировании экспериментальных установок».

«Полученный в результате диссертационного исследования код может быть предложен в качестве замены многим существующим решениям. Например, для разработок в научных группах ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша», ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. Академ. Е. И. Забабахина», ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», ФГУП «ВНИИА» им. Н.Л.Духова, ФГПУ ИВМиМГ СО РАН, а также в фундаментальных исследованиях и образовательных программах, проводимых в университетах, таких как МИФИ, МФТИ, НГУ».

Замечания по работе:

«Из работы непонятно, какой количественный эффект даёт использование асинхронных алгоритмов по сравнению с традиционными.

В автореферате нет ссылки на рис. 4. В работе имеются некоторое количество опечаток, не мешающих пониманию текста».

«Приведённые замечания не меняют общей положительной оценки выполненной диссертационной работы. В диссертационном исследовании рассмотрены актуальные научные задачи. Постановка, методы и выводы ясны и обоснованы. Результаты обладают научной новизной и практической ценностью. Содержание диссертации соответствует заявленной специальности. Автореферат диссертации соответствует её содержанию».

Соискатель имеет **26 опубликованных работ** по теме диссертации в виде: научных статей в отечественных и международных журналах, в сборниках тезисов докладов на всероссийских и международных конференциях и съездах, в том числе **3 работы**, опубликованные в рецензируемых научных изданиях, **входящих в список ВАК**:

1. Перепёлкина А.Ю., Левченко В.Д., Горячев И.А. Трёхмерный кинетический код CFHall для моделирования замагниченной плазмы // Математическое моделирование. — 2013. — Т. 25, No 11. — С. 98–110..

2. Perepelkina A Yu, Goryachev I A, Levchenko V D. CFHall Code Validation with 3D3V Weibel Instability Simulation // Journal of Physics: Conference Series. — 2013. — Vol. 441, no. 1. — P. 012014.

3. Perepelkina A Yu, Goryachev I A, Levchenko V D. Implementation of the Kinetic Plasma Code with Locally Recursive non-Locally Asynchronous Algorithms // Journal of Physics: Conference Series.— 2014.— Vol. 510, no. 1. — P. 012042.

На автореферат поступил отзыв от Ловцова Александра Сергеевича, к.ф.-м.н., начальник отдела электрофизики Государственного научного центра Российской Федерации – Федерального государственного унитарного

предприятия “Исследовательский центр имени М.В. Келдыша”. Отзыв **положительный**. В отзыве имеются замечания:

1. Недостаточно чётко выделен личный вклад диссертанта. Приведённая формулировка по “методу исключения” является неудачной и требует дополненного пояснения.

2. Разработанный код позиционируется как “универсальный программный комплекс для моделирования трехмерной кинетики замагниченной плазмы”. Однако строгого описания области применения данного инструмента в автореферате нет. Было бы целесообразно указать допустимые размеры моделируемой области и времена моделирования, которые практически приемлемы для данного программного комплекса при использовании как обычных так и специальных вычислительных мощностей. Также полезно привести перечень дополнительных процессов, которые могут быть легко включены в модель без существенного перестроения вычислительного алгоритма.

3.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации объясняется их известной компетенцией в проведении численного исследования плазмофизических задач, разработке методов моделирования кинетики плазмы, опыта практического использования кодов моделирования плазмы, высоким квалификационным уровнем, знакомством с защищаемой проблематикой, что подтверждается их многочисленными научными публикациями.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны и реализованы оригинальные локально рекурсивные нелокально асинхронные алгоритмы для метода макрочастиц решения трехмерной самосогласованной системы уравнений Власова-Максвелла. В сравнении с алгоритмами с пошаговой синхронизацией минимизируется

нагрузка на пропускную способность памяти и количество синхронизаций между процессами;

создан универсальный программный комплекс для моделирования трехмерной кинетики замагниченной плазмы с применением различных шагов по времени для электромагнитных полей и частиц, использованием эффективных алгоритмов и современных возможностей процессоров. Продемонстрирована возможность решения существенно разномасштабных задач на доступных вычислительных системах;

в результате вычислительного эксперимента **показано**, что зависимость доли энергии, ушедшей на образование квазистационарных магнитных полей вследствие вейбелевской филаментационной неустойчивости при ускорении частиц лазерным импульсом, от амплитуды используемого импульса в проведенном вычислительном эксперименте оказывается немонотонна и максимум достигает 4.5%.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

применительно к проблематике диссертации результативно использован широко известный метод конечных разностей во временной области для дискретизации уравнений Максвелла и метод макрочастиц решения уравнения Власова, признанные подходы к реализации начальных, граничных условий и источников электромагнитного излучения;

изложено описание математической модели описания кинетики плазмы со вторым порядком аппроксимации, описание локально рекурсивных нелокально асинхронных алгоритмов класса ConeFold, обоснование выбора алгоритма, специфика алгоритма для реализации метода макрочастиц, предложения по адаптации для параллельной реализации на актуальных параллельных архитектурах. Введён наглядный способ описания алгоритмов как фигур в пространстве координат и временных итераций;

адаптированы локально рекурсивные нелокально асинхронные алгоритмы, так что обеспечивается возможность описания макрочастиц и разномасштабности характерных времен процессов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработан универсальный программный комплекс моделирования кинетики плазмы, он использован при получении новых результатов о доли энергии, уходящей на генерацию магнитных полей во взаимодействии лазерного излучения со слоем сверхкритической плазмы, и **внедрён** в образовательную программу кафедры Теоретической ядерной физики факультета Экспериментальной и теоретической физики НИЯУ “МИФИ”;

определены перспективы практического использования результатов диссертационной работы при численном исследовании физики плазмы в фундаментальных, прикладных и образовательных постановках;

представлены рекомендации о выборе модели плазмы для моделирования систем с сильно неравновесными функциями распределения и динамически изменяющимися магнитными полями для адекватного описания турбулентных процессов в плазме, о выборе численных параметров моделирования для изучения процессов, в которых важна роль филаментационной неустойчивости.

Достоверность результатов подтверждается тем, что:

проводилось тестирование кода, реализующего оригинальные разработанные автором алгоритмы для простых постановок, показавшее, что результаты расчётов согласуются с аналитическими оценками и результатами численных расчётов, проведённых другими средствами.

Личный вклад соискателя состоит в:

исследовании численной схемы, разработке алгоритмов, реализации кода, проведении большинства описанных в диссертационной работе

расчётов, обработке и интерпретации результатов, подготовке публикаций по выполненной работе.

На заседании 06 октября 2016 года диссертационный совет принял решение присудить Перепёлкиной А.Ю. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 6 докторов наук, участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 17, против - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель диссертационного совета

Д 002.024.03, академик РАН _____ Б.Н. Четверушкин

Ученый секретарь диссертационного совета

Д 002.024.03, к.ф.-м.н. _____ М.А. Корнилина

06 октября 2016 года