

ОТЗЫВ

официального оппонента

доктора физико-математических наук, старшего научного сотрудника
Колдобы Александра Васильевича

на диссертацию Быковской Елены Николаевны

по теме: «Метод динамической адаптации в численном решении уравнений
Бюргерса и Кортевега - де Вриза и математическом моделировании
процессов лазерной фрагментации металлов»

по специальности 1.2.2 (математическое моделирование, численные методы
и комплексы программ), представленной на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук.

Диссертация Елены Николаевны Быковской нацелена на разработку и улучшение методов динамически адаптирующихся сеток. В качестве примера применяются модельные уравнения Бюргерса и Кортевега-де Вриза, а затем метод используется для численного решения задач, связанных с лазерной абляцией металлической мишени ультракоротким лазерным излучением.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью создания усовершенствованных методик для решения сложных фундаментальных уравнений математической физики. Ключевую роль играет компьютерное моделирование физических процессов. Выбор численного метода должен учитывать точность результатов, эффективность вычислений и простоту реализации алгоритма.

Научная новизна диссертации заключается в разработке и усовершенствовании методов построения адаптирующихся к решению сеток. Для уравнения Бюргерса впервые применены трёхслойные разностные схемы, а для уравнения Кортевега - де Вриза — двухслойные схемы в рамках метода динамической адаптации. Разработанный метод успешно применён для моделирования процесса лазерной абляции металлической мишени с использованием ультракороткого лазерного излучения.

Теоретическая и практическая ценность работы заключается в том, что теоретические концепции и методики, разработанные для исследования модельных уравнений, нашли практическое применение при изучении взаимодействия ультракоротких лазерных импульсов с металлической мишенью (Al). Это открывает новые перспективы для практического применения процессов фрагментации в различных областях, включая медицину и биологию.

Достоверность и обоснованность результатов обеспечиваются правильностью формулировки задач, применением апробированных численных методов и использованием классической континуальной модели. Достоверность результатов подтверждается валидацией и верификацией.

Содержание диссертации включает введение, четыре главы, заключение и изложено на 109 страницах с 26 рисунками.

Во введении обосновывается актуальность темы, формулируется цель, излагается научная новизна и кратко представлено содержание работы.

В первой главе анализируются методы построения расчётных сеток для задач математической физики и обсуждаются способы улучшения свойств разностных схем на примере уравнений Бюргерса и Кортевега — де Вриза. Отмечается эффективность подвижных сеток.

Во второй главе исследуется качество аппроксимации и точности решения уравнения Бюргерса с помощью двух- и трёхслойных разностных схем на сетках с фиксированными и подвижными узлами. Впервые применяется метод динамической адаптации к трёхслойной схеме.

Третья глава посвящена исследованию двухслойных явных и неявных разностных схем для уравнения Кортевега — де Вриза на эйлеровых и подвижных сетках с динамической адаптацией.

В четвёртой главе рассматривается задача моделирования процессов плавления и фрагментации металла (алюминия) под воздействием ультракороткого лазерного импульса.

Содержание автореферата полностью соответствует содержанию диссертации.

Апробация результатов исследования была представлена на пяти международных и российских конференциях. По теме диссертации опубликовано пять работ, из них пять — в изданиях, рекомендованных ВАК, и три — в изданиях, индексируемых в системах цитирования Web of Science, Scopus и MathSciNet.

Личный вклад автора заключается в получении ключевых результатов диссертационного исследования лично или при непосредственном участии, несмотря на то что большинство работ были написаны в соавторстве с научным руководителем и другими специалистами.

В качестве замечаний к работе можно указать следующие.

1. Не понятно, зачем делается различие между t и τ при переходе к расчетным координатам.
2. В разностных уравнениях (2.21) и (2.22) используется одинаковый весовой множитель. Является ли это принципиальным моментом?
3. Выбор (4.12) функции Q не согласуется с уравнениями энергии системы (4.11), как это заявлено в тексте диссертации. Введение слагаемого re в знаменатель (4.12) не предотвращает возможность его обращения в ноль. Возможен ли какой-то универсальный рецепт выбора функции Q для системы уравнений?
4. Не указано, что такое W_T в (4.13).
5. В работе присутствуют опечатки и неудачные формулировки. Например, «фронт функции $u(x)$ », «метод динамической адаптации существенно снижает требования к качеству разностных схем». На рис.19 изображен переход от временного шага j к шагу $j+2$, здесь, по-видимому, опечатка.

Заключение

Сделанные замечания относятся к форме представления результатов и не снижают ценности работы, которая выполнена на высоком научном уровне. Тематика работы является актуальной, а результаты обладают научной новизной и практической ценностью. Автор продемонстрировал глубокое понимание в области разработки физико-математических моделей неравновесных многофазных сред и соответствующих вычислительных алгоритмов. Диссертация Е.Н. Быковской является законченным научным исследованием, которое полностью отвечает требованиям, предъявляемым ВАК России к кандидатским диссертациям согласно пункту 9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842. Автор заслуживает присвоения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент:

Колдоба Александр Васильевич
доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник,
заведующий кафедрой моделирования и технологий разработки нефтяных
месторождений Федерального государственного автономного

образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)»
141701, Московская область, г. Долгопрудный, Институтский пер., 9.
Тел.: 8 (915) 254 63 51, e-mail: koldoba@rambler.ru

Согласен на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Колдоба Александр Васильевич, д.ф.-м.н.



23 апреля 2025 г.

Подпись официального оппонента Колдобы Александра Васильевича заверяю.

Ученый секретарь ученого совета МФТИ (НИУ)

к.ф.-м.н.



Евсеев Е.Г.

24.04.2025