

### **Отзыв научного руководителя**

о диссертационной работе Быковской Елены Николаевны  
«Метод динамической адаптации в численном решении уравнений  
Бюргерса и Кортевега-де-Вриза и математическом моделировании процессов  
лазерной фрагментации металлов», представленной на соискание учёной степени кандидата  
физико-математических наук по специальности 1.2.2 – математическое моделирование,  
численные методы и комплексы программ

Быковская Елена Николаевна в 2015 году закончила механико-математический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, отделение математики, кафедру общих проблем управления. В 2016 году поступила в аспирантуру ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, которую успешно закончила в июне 2020 г., защитив выпускную квалификационную работу с оценкой отлично.

Е.Н. Быковская занималась развитием метода динамической адаптации расчетных сеток на примере решения модельных уравнений (Бюргерса и Кортевега – де - Вриза) с последующим применением его к численному решению процесса лазерной абляции металлической мишени (Al) под воздействием ультракороткого фемтосекундного импульса (лазерного излучения).

На примере численного решения модельной задачи с конвекционно – диффузионным нелинейным уравнением Бюргерса, обладающим сильной дисперсией исследовано качество аппроксимации исходного уравнения двух (Кранк-Николсон ) и трёхслойными (Кабаре) разностными схемами, выписанными на сетках с фиксированными и подвижными узлами. Полученные в результате вычислений зависимости численного решения показали полное превосходство обеих разностных схем в случае использования расчетных сеток динамически адаптирующихся к искомому решению.

Применение подвижных сеток с динамической адаптацией к численному решению уравнения Кортевега -де Вриза позволило получить решения высокой точности не только для схем Кранка - Николса, но и практически избавиться от дисперсии во всей области неясности двухслойных схем, независимо от степени неясности для семейства схем 1-го порядка по времени  $t$  и 2-го по пространству. При этом схемы с преобладанием явности по-прежнему неустойчивы. Таким образом, применение динамической адаптации существенно повышает качество разностных схем и позволяет адаптироваться к различным особенностям.

Диссертационная работа Быковской Е.Н. затрагивает некоторые вопросы численного моделирования весьма важной и сложной проблемы, связанной с ультракоротким лазерным воздействием на металлическую мишень (Al). Разработана односкоростная неравновесная двухтемпературная континуальная (гидродинамическая) модель, учитывающая фрагментацию металлической мишени под воздействием фемтосекундного лазерного импульса. С помощью метода динамической адаптации выполнено математическое моделирование процессов с произвольным числом подвижных границ и гидродинамических разрывов. Представлено исследование механизмов лазерной абляции: критический разлет, фазовый взрыв, высокоскоростное плавление и механический откол жидкой и твердой фазы.

Полученные в результате вычислений механизмы лазерной абляции были подвергнуты процедуре тщательной верификации и валидации с определёнными ранее теоретическими и экспериментальными результатами.

Диссертационная работа написана на высоком научном уровне, ясно изложена и иллюстрирована. В работе обоснована актуальность исследуемой проблемы, сформулированы основные цели и задачи работы, показана теоретическая и практическая значимость.

На основании вышесказанного считаю, что диссертационная работа Елены Николаевны Быковской соответствует всем требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям по специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», а её автор заслуживает присуждения ей степени кандидата физико-математических наук по указанной специальности.

Научный руководитель  
доктор физико-математических наук, профессор,  
главный научный сотрудник 13 отдела  
ИПМ им. М. В. Келдыша РАН

  
В. И. Мажукин

Подпись В. И. Мажукина удостоверяю

« 11 » « 02 » 2025г.

ученый секретарь ИПМ М. В. Келдыша РАН  
кандидат физико-математических наук

  
А. А. Давыдов

