

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук»  
Федерального агентства научных организаций  
член-корреспондент РАН,  
доктор физико-математических наук,  
профессор Александр Иванович Аптекарев



### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного учреждения  
«Федеральный исследовательский центр  
Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша  
Российской академии наук»  
Федерального агентства научных организаций

Диссертация «Сеточно-операторный подход к программированию задач математической физики» выполнена в отделе №8 «Прикладные задачи механики сплошных сред», сектор №1 «Прикладные задачи механики сплошных сред» Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук» Федерального агентства научных организаций (ФАНО России).

В период подготовки диссертации соискатель Краснов Михаил Михайлович работал в Федеральном государственном учреждении «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук» Федерального агентства научных организаций, отдел №8 «Прикладные задачи механики сплошных сред», сектор №1 «Прикладные задачи механики сплошных сред», старший научный сотрудник.

В 1988 году окончил Московский физико-технический институт (в настоящее время Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский физико-технический институт (государственный университет)") по специальности «Системы автоматического управления».

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2016 году Федеральным государственным учреждением «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук» Федерального агентства научных организаций.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук Жуков Виктор Тимофеевич, Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук» Федерального агентства научных организаций, отдел №8 «Прикладные задачи механики сплошных сред», заведующий отделом.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Диссертационная работа Краснова М.М. посвящена **актуальной проблеме программирования** – приближению внешнего вида записи математических формул в исходном тексте программ, решающих задачи математической физики, к виду тех же формул в математической литературе. В математической литературе для записи формул активно применяются различные математические операторы, за счёт чего внешний вид формул получается кратким и ясным. При записи тех же формул в исходном тексте программ эти краткие и ясные формулы зачастую превращаются в многострочные операторы, в которых бывает непросто разобраться. Кроме того, при записи таких длинных операторов велика вероятность случайных трудно отлавливаемых ошибок (опечаток). В предложенном подходе к программированию данная проблема решается за счёт введения понятия сеточного оператора – аналога математического оператора. С помощью сеточных операторов, а также переопределённых математических операций для

сеточных функций можно компактно записывать формулы любой сложности. Кроме того, в диссертации Краснова М.М. затронута проблема переноса программ на современные параллельные вычислительные архитектуры, такие, как NVIDIA CUDA и Intel Xeon Phi. За счёт сокрытия реализации оператора присваивания внутри библиотеки, реализующей сеточно-операторный подход к программированию, текст программы становится переносимым путём перекомпиляции на такие параллельные архитектуры.

**Практическая ценность** полученных результатов подтверждается реализацией программных комплексов для решения различных задач математической физики на разных сетках, в том числе:

1. Многосеточного метода на регулярных трёхмерных сетках.
2. Разрывного метода Галёркина на трёхмерных тетраэдральных нерегулярных сетках.
3. Расчёт горения на одномерных сетках на задаче ENO (Essentially Non-Oscillatory) и ряда других работ.

Тема диссертации раскрыта и правильно отражена в ряде опубликованных работ, результаты которых были представлены на российских и международных конференциях, в том числе:

- Международной научной конференции «Научный сервис в сети Интернет: экзафлопсное будущее», сентябрь 2011 г., г. Новороссийск.
- Национальном суперкомпьютерном форуме (НСКФ-2013), ноябрь 2013 г., Переславль-Залесский, ИПС им. А.К. Айламазяна РАН.
- XX Всероссийской конференции «Теоретические основы и конструирование численных алгоритмов решения задач математической физики», посвященная памяти К.И. Бабенко, сентябрь 2014 г., г. Новороссийск.
- Международной конференции «Суперкомпьютерные дни в России», 28 - 29 сентября 2015 г., г. Москва.

- XIV Международный семинар «Математические модели и моделирование в лазерно-плазменных процессах и передовых научных технологиях», 4 - 9 июля 2016 г., г. Москва.
- XV International seminar «Mathematical models & modeling in laser plasma processes & advanced science technologies», 26 - 30 September, 2016, Montenegro, Petrovac.

Имеются 5 статей по тематике работы в рецензируемых журналах из списка ВАК:

1. Краснов М.М. Операторная библиотека для решения трёхмерных сеточных задач математической физики с использованием графических плат с архитектурой CUDA.  
// Математическое моделирование, 2015, т.27, № 3, с. 109-120.
2. Жуков В.Т., Краснов М.М., Новикова Н.Д., Феодоритова О.Б. Сравнение эффективности многосеточного метода на современных вычислительных архитектурах. // Программирование, 2015, № 1, с. 21-31.
3. Краснов М.М. Параллельный алгоритм вычисления точек гиперплоскости фронта вычислений. // Журнал вычислительной математики и математической физики, 2015, том 55, № 1, с. 145-152.
4. Краснов М.М., Кучугов П.А., Ладонкина М.Е., Тишкин В.Ф. Разрывный метод Галёркина на трёхмерных тетраэдральных сетках. Использование операторного метода программирования. // Математическое моделирование, 2017 г., т. 29, № 2, с. 3-22. (принято в печать).
5. Краснов М.М., Ладонкина М.Е. Разрывный метод Галёркина на трёхмерных тетраэдральных сетках. Применение шаблонного метапрограммирования языка C++.  
// Программирование, 2017, № 3 (принято в печать).

Все результаты диссертации получены автором лично.

Диссертационная работа Краснова М.М. соответствует требованиям кандидатской диссертации по специальности 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и

компьютерных сетей.

Диссертация «Сеточно-операторный подход к программированию задач математической физики» Краснова Михаила Михайловича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей.

Заключение принято на расширенном семинаре отдела № 9 «Информационные технологии». Присутствовало на семинаре 20 чел. Результаты голосования: «за» – 20 чел., «против» – нет, «воздержалось» – нет, протокол № 15 от «13» октября 2016 г.



---

Горбунов-Посадов Михаил Михайлович,  
д.ф.-м.н., отдел № 9 «Информационные  
технологии», заведующий отделом