



## ОТЗЫВ

члена диссертационного совета на диссертацию **Степанова Эдуарда Анатольевича** на тему: *«Математическое моделирование некоторых процессов финансовой математики»*, представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 — Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Быстро растущие мощности современной вычислительной техники приводят к столь же быстрому росту роли компьютерного моделирования в мире финансов. Это, в свою очередь, определяет потребность в увеличении скорости вычислений и обработки информации. Современные технологии и оптимизированные под них вычислительные алгоритмы позволяют существенно продвинуться в решении этих задач. Изложенные обстоятельства определяют актуальность рассматриваемой диссертации, нацеленной на повышение скорости решения задачи ценообразования финансовых инструментов на гибридных системах за счет использования мощностей CPU и GPGPU и оптимизации алгоритмов для возможности проведения параллельных вычислений.

Для минимизации времени вычислений автором диссертации, помимо оптимизации самих вычислительных алгоритмов, предложен эффективный способ использования памяти GPGPU с целью избежания излишнего копирования данных между различными типами памяти. Для повышения надежности вычислений был проведен анализ математической постановки на предмет ее корректности, получены новые граничные условия для модели азиатского опциона, а также условия устойчивости конечно-разностной схемы для европейского и азиатского опциона. Все это определяет новизну выполненной работы.

Полученные результаты сравнения различных алгоритмов, а также тестирование разработанных алгоритмических и программных методов и средств на различных тестовых данных с использованием действующего программно-аппаратного комплекса факультета ПМПУ СПбГУ определяют достоверность полученных результатов.

Конкретным результатом, определяющим практическое значение диссертации, является доведенный до практического применения программный комплекс, использующий мощности гетерогенных распределенных вычислительных ресурсов. Он обеспечивает повышенную производительность при запуске ресурсоемких приложений.

Рассмотрим более подробно результаты работы.

Во **введении** изложено описание проблемы и ее актуальность. Там же сформулированы цели и задачи исследования, изложены основные результаты и обоснована их достоверность и научная новизна.

В **первой главе** дан краткий обзор предметной области, проведен анализ математических моделей, описывающих различные финансовые инструменты с точки зрения выявления их общих черт и различий. Дано описание общего уравнения, которое частным образом включает в себя все эти модели. С одной стороны каждый из рассмотренных финансовых инструментов имеет свои особенности, с другой стороны все они описываются параболическими уравнениями в частных производных первого и второго порядка. Автор диссертации останавливается на выводе о необходимости разработки математического аппарата для данного класса уравнений с учетом особенностей задачи.



**Во второй главе** проведен анализ различных численных подходов решения поставленной задачи. Выполнено тестирование конечно-разностного метода, метода Монте-Карло и континуального интеграла с использованием мощностей CPU без распараллеливания алгоритмов. Рассмотрены вычислительные проблемы, возникающие в ходе вычисления стоимости азиатского опциона в рамках классической модели. Предложены граничные условия, которые позволяют решить данную проблему. Выполненные тесты показали, что в рамках разработанной модели возможно применение явной конечно-разностной схемы для достижения требуемой точности вычислений.

В этой же главе описаны пошагово исходные версии вычислительных алгоритмов. Для некоторых частных случаев проведено сравнение аналитического и численного решения. Полученные результаты также свидетельствуют о преимуществах подхода, который применяет автор. Там же делается вывод, что мощностей CPU недостаточно для проведения достаточно быстрых вычислений. Как следствие, требуется оптимизация алгоритмов для запуска на гибридных системах.

**В третьей главе** предложены оптимизированные алгоритмы, обеспечивающие их эффективный запуск на GPGPU с использованием технологии CUDA. Описан программный комплекс и особое внимание уделено способу работы с памятью GPGPU, так как этот вопрос занимает существенное место с точки зрения скорости исполнения программы. Делается комплексный анализ конечных версий алгоритмов и различных численных подходов.

**В заключении** сформулированы основные результаты работы. Приведены практические рекомендации касательно выбора конкретного вычислительного подхода в зависимости от исходных данных задачи.

**Список литературы**, состоящий из 88 наименований, отражает основные направления проводимых в настоящее время исследований в рассматриваемой диссертационной области, а также хорошо представляет публикации автора.

**В приложения** вынесены описание основных сведений и определений из области финансовой математики, анализ некоторых финансовых моделей, а также результаты различных численных экспериментов.

**Замечания** по содержанию диссертации.

- Во введении отсутствует характерное для этого раздела краткое описание последующих разделов и затронутых в них вопросах.
- Автор делает сравнение последовательных алгоритмов на CPU с параллельными алгоритмами на гибридных системах. Более корректно было бы сравнивать параллельные алгоритмы на различных архитектурах.
- Никак не рассмотрен вопрос горизонтального масштабирования вычислений, хотя автор уделяет большое внимание вопросу параллельных вычислений.
- Во всех численных экспериментах используются только искусственным образом подобранные тестовые данные. Значительным преимуществом было бы использование реальных данных.

Приведенные замечания касаются, в основном,<sup>4</sup> изложения материала или носят характер пожеланий и не снижают общего хорошего впечатления от диссертационной работы, которая написана ясно, с четкой аргументацией. Диссертант проявил себя грамотным исследователем, разбирающимся в разнообразии различных численных



Institute of Experimental Physics

Slovak Academy of Sciences

Watsonova 47, 040 01 Košice, SLOVAKIA

Tel.: +421-55-7922201, Fax: +421-55-6336292, E-mail: [sekr@saske.sk](mailto:sekr@saske.sk)



подходов и вопросах их запуска на гибридных системах. **Результаты диссертанта изложены в достаточном числе публикаций, и прошли апробацию на российских и международных конференциях.** На основе результатов, изложенных в диссертации, и публикаций автора считаю, что в целом рецензируемая работа представляет собой законченную работу по комплексному анализу численных методов в задачах ценообразования опционов.

Диссертация Степанова Эдуарда Анатольевича на тему: «Математическое моделирование некоторых процессов финансовой математики» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 01.09.2016 № 6821/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Степанов Эдуард Анатольевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 — Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ. Пункт 11 указанного Порядка диссертантом не нарушен.

Член диссертационного совета  
Доктор физико-математических наук, профессор,  
Ведущий научный сотрудник  
Института Экспериментальной физики  
Словацкой академии наук  
в Кошице, Словакия

Гнатич Михал

08.05.2020