

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ
МАТЕМАТИКИ ИМ. М.В. КЕЛДЫША РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»**

125047, Москва, Мнусская пл., д.4, ИПМ им. М.В.Келдыша РАН
Тел.: +7 499 978-13-14, факс: +7 499 972-07-37, e-mail: office@keldysh.ru
ОКПО 02699381, ОГРН 1037739115787, ИНН/КПП 7710063939/771001001

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Ежовой Надежды Александровны
«Модель параллельных вычислений для оценки масштабируемости итерационных
алгоритмов на кластерных вычислительных системах», представленной
на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение
вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей.

Актуальность темы исследований.

Будущее высокопроизводительных компьютерных технологий неразрывно связано с массивным параллелизмом и с гетерогенностью. Создаются процессоры, содержащие все большее количество ядер. Жесткие ограничения по энергопотреблению приводят к тому, что основные вычислительные мощности обеспечиваются многоядерными ускорителями достаточно специфичной архитектуры (NVIDIA Tesla, Intel Xeon Phi, PEZY-SC и др.), адаптация программного обеспечения (далее ПО) к которым - сложная наукоемкая задача.

Оценивая современное состояние методов разработки эффективных приложений для высокопроизводительных систем, следует отметить, что имеющиеся средства программирования являются по своей сути низкоуровневыми и требуют значительных затрат от разработчика без гарантии достижения требуемого уровня качества создаваемого ПО. Под качеством здесь в первую очередь понимается сокращение времени решения прикладных задач без потери точности их решения, а также простота сопровождения ПО и его переноса на новые архитектуры.

Разрыв между существующим ПО и возможностями новых суперкомпьютеров носит принципиальный характер и является существенной проблемой на пути эффективного использования современной вычислительной техники в научных исследованиях.

Таким образом, автоматизация процесса разработки параллельных программ для современных высокопроизводительных ЭВМ является актуальной задачей, обуславливающей необходимость проведения данного исследования.

Также стоит отметить необходимость разработки и исследования новых классов сверхмасштабируемых параллельных алгоритмов, ориентированных на

суперкомпьютеры высшей производительности, и потребность в адекватных и простых в использовании моделях параллельных вычислений, способных на ранних этапах проектирования ПО предсказывать границу масштабируемости для определенных классов алгоритмов.

Диссертационная работа Ежовой Надежды Александровны «Модель параллельных вычислений для оценки масштабируемости итерационных алгоритмов на кластерных вычислительных системах» посвящена организации параллельных вычислений на высокопроизводительных системах для решения ресурсоемких научных и технологических задач.

Цель диссертационной работы - разработка и исследование новой модели параллельных вычислений для итерационных алгоритмов применительно к многопроцессорным системам с распределенной памятью, позволяющей предсказывать границу масштабируемости алгоритма на ранних стадиях его проектирования, и построение на ее основе параллельного каркаса для кластерных вычислительных систем экзафлопсного уровня производительности.

Для достижения поставленной цели соискатель формулирует и рассматривает четыре задачи:

1. Разработать модель параллельных вычислений.
2. Создать на языке C++ параллельный каркас, основанный на разработанной модели.
3. Выполнить проектирование и реализацию визуального конструктора программ на языке C++ в соответствии с разработанной моделью и параллельным каркасом.
4. Провести вычислительные эксперименты для верификации предложенной модели и разработанного программного обеспечения.

Надежде Александровне Ежовой удалось успешно справиться с поставленными задачами. Разработана модель параллельных вычислений BSF, которая позволяет предсказать границу масштабируемости алгоритма на ранних стадиях его проектирования. Разработан компилируемый BSF-каркас на языке C++, инкапсулирующий все аспекты, связанные с параллелизмом, и позволяющий быстро создавать параллельные реализации алгоритмов, представленных в виде операций над списками. Выполнены проектирование и реализация визуального конструктора программ BSF-Studio, позволяющего автоматизировать процесс создания BSF-программ на языке C++.

Научная новизна исследований и полученных результатов.

Научная новизна полученных в работе результатов состоит в следующем:

1. Разработана новая, простая в использовании модель параллельных вычислений BSF для многопроцессорных систем с распределенной памятью.

2. Построена стоимостная метрика, на основе которой получена аналитическая формула для оценки ускорения BSF-алгоритма. Сформулирована и доказана теорема о границе масштабируемости BSF-алгоритма. Указанная теорема дает формулу для аналитической оценки верхней границы масштабируемости BSF-алгоритма.
3. Реализована программная система BSF-Studio для быстрого создания BSF-программ на языке C++.
4. С использованием BSF-Studio разработаны BSF-программы для известных численных итерационных алгоритмов.

Основные результаты, выносимые на защиту, получены впервые и представляют интерес для специалистов в области математического и программного обеспечения вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей.

Основное содержание работы.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Общий объем диссертации составляет 137 страниц, включая 36 рисунков, 6 таблиц и список литературы из 195 наименований.

Во введении отмечена актуальность темы исследований, сформулирована цель работы и полученные результаты, описана новизна и практическая ценность.

В первой главе рассматривается понятие модели параллельных вычислений, дается классификация различных моделей и формулируются требования к модели параллельных вычислений. Особое внимание уделяется формализму Бёрда-Миртенса, являющемуся теоретическим базисом для построения параллельных каркасов. Дается обзор известных моделей параллельных вычислений и параллельных каркасов.

Вторая глава посвящена описанию новой модели параллельных вычислений BSF (Bulk Synchronous Farm) – блочно-синхронной ферме, ориентированной на многопроцессорные системы с распределенной памятью. Такая модель предназначена для разработки итерационных численных алгоритмов с высокой вычислительной сложностью. Особенностью модели является представление алгоритма в виде операций над списками с использованием функций высшего порядка Map/Reduce. Такая формулировка модели параллельных вычислений позволяет сделать аналитическую оценку границы масштабируемости алгоритма на ранней стадии его разработки.

В третьей главе описываются структура параллельного BSF-каркаса на языке C++ и визуальный конструктор BSF-Studio, которые можно использовать для быстрого создания BSF-программ.

Четвертая глава посвящена валидации созданной модели параллельных вычислений и верификации разработанного программного обеспечения на ее основе.

Были выбраны три задачи: имитационное моделирование вычислительно сложного алгоритма, решение системы линейных алгебраических уравнений методом Якоби, решение задачи гравитационного взаимодействия многих тел. Для данных задач было показано, что границы масштабируемости алгоритмов, полученные аналитически, оказались очень близки к границам масштабируемости, полученным в результате вычислительных экспериментов.

В заключении сформулированы основные выводы и основные результаты диссертации, приведены рекомендации по использованию результатов диссертации и перспективы дальнейшей разработки темы.

Обоснованность и достоверность полученных результатов.

Диссертация Ежовой Надежды Александровны обладает смысловым единством и носит законченный характер. Утверждение, связанное с оценкой границы масштабируемости алгоритма, сформулировано в виде теоремы, снабженной строгим доказательством. Теоретические построения подтверждены имитационным моделированием на кластерной вычислительной системе. Верификация модели BSF и соответствующего параллельного каркаса были выполнены на известных итерационных численных алгоритмах из различных областей вычислительной математики и физики.

Таким образом, достоверность полученных результатов подтверждена экспериментальными данными, а также наличием публикаций и докладов по теме диссертации на различных специализированных конференциях и семинарах.

Научная и практическая ценность основных положений диссертации.

Сформулированные в диссертации научные положения и основные результаты представляются обоснованными. Создана новая модель параллельных вычислений для многопроцессорных систем с распределенной памятью, получена гарантированная оценка границы масштабируемости для итерационных алгоритмов с высокой вычислительной сложностью на ранней стадии их проектирования, реализована программная поддержка модели BSF, которая включает в себя параллельный BSF-каркас и веб-приложение BSF-Studio. Параллельный BSF-каркас представляет собой совокупность файлов исходного кода на языке C++, используемых для быстрого создания BSF-программ. BSF-каркас содержит реализацию всех проблемно-независимых функций, организующих параллельное выполнение программы с использованием технологий MPI и OpenMP. Веб-приложение BSF-Studio представляет собой визуальный конструктор BSF-программ, обеспечивает поэтапное заполнение

проблемно-зависимых частей программного кода, компиляцию и запуск приложения в облачной среде.

Разработанная в ходе настоящего диссертационного исследования модель BSF может применяться для оценки границы масштабируемости параллельных итерационных алгоритмов с высокой вычислительной сложностью, ориентированных на суперкомпьютеры с кластерной архитектурой. Разработанные параллельный BSF-каркас и визуальный конструктор BSF-Studio могут применяться для быстрого создания и отладки эффективных параллельных BSF-программ для кластерных вычислительных систем.

Результаты диссертации важны как для практических приложений, связанных с организацией параллельных вычислений на высокопроизводительных системах, а также для дальнейшего развития и использования специалистами в области математического и программного обеспечения вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

Публикации и соответствие паспорту специальности.

Основные результаты по теме диссертации изложены в 7 публикациях. Среди них - 5 статей в журналах, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК, 2 публикации в изданиях, зарегистрированных в системе Web of Science и Scopus. Результаты диссертации докладывались на 3-х конференциях и 1-ом научном семинаре. Содержание диссертации соответствует специальности 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей.

Замечания по диссертационной работе.

Вместе с тем, следует указать на некоторые недостатки диссертационной работы:

1. Используемые в настоящее время суперкомпьютерные системы, как правило, представляют собой кластерные системы, в узлах которых используются многоядерные процессоры. В последние годы наблюдается тенденция по применению в суперкомпьютерах массово-мультитредовых и векторных микропроцессоров от Cray, NEC, NUDT, программируемых интегральных схем от Xilinx и Altera, а также проблемно-ориентированных СБИС (ASIC). В суперкомпьютерах высшей производительности, как правило, используются графические процессоры компаний NVIDIA и AMD, массово-многоядерные процессоры Intel Xeon Phi. Таким образом, многоядерность и многопоточность, гибридность и гетерогенность – вот основные черты суперкомпьютерных систем,

которые уже используются и будут использоваться в самом ближайшем будущем. В диссертационной работе этим аспектам уделено слишком мало внимания.

2. Центральная часть диссертации - глава 2, в которой описана разработанная модель параллельных вычислений BSF, занимает всего лишь 14 страниц (из 137 страниц диссертации). Столь сжатое описание не позволяет оценить в полной мере правильность некоторых решений, принятых при разработке модели. Например, в основе модели BSF лежит модель параллельных вычислений BSP (Bulk-Synchronous Parallelism). Эта модель была предложена почти 30 лет назад и за эти годы было разработано множество уточнений, улучшений и расширений данной модели. Например, модели BSPRAM (Bulk Synchronous Parallel Random Access Machine), D-BSP (Decomposable Bulk Synchronous Parallel), Multi-BSP, MBSP (Multi-memory BSP), CudaBSP и другие. Эти модели позволяют учитывать неоднородность коммуникаций в кластере, многоуровневую иерархию памяти (в т.ч. учитывать различные уровни кэш-памяти современных микропроцессорных систем), многоядерность, возможность использования ускорителей. В диссертационной работе нет детального обоснования, почему именно модель BSP была выбрана за основу при разработке модели параллельных вычислений BSF. Также отсутствует развернутое обоснование для выбора парадигмы «мастер-рабочие» в качестве базовой концепции модели BSF. В работе рассматривается возможность использования нескольких мастер-узлов, которые выполняют стадии предобработки/постобработки вычислений, распределяют данные/вычисления по рабочим узлам. Однако во всех примерах, иллюстрациях, шаблонах параллельной реализации итерационных алгоритмов, а также в формулах для оценки времени работы программы всегда присутствует только один мастер-процесс. Использование одного мастер-процесса вряд ли можно считать хорошим решением для вычислительных систем экзафлопсного уровня производительности.
3. Для верификации модели параллельных вычислений BSF используется следующий подход:
 - Разработка и реализация BSF-программы для выбранного итерационного алгоритма с высокой вычислительной сложностью. Такая реализация выполняется с использованием разработанного параллельного BSF-каркаса.
 - Проведение вычислительных экспериментов, на основе которых строится график ускорения времени выполнения BSF-программы, в зависимости от числа используемых рабочих узлов.
 - Аналогичный график строится аналитически с помощью стоимостной метрики модели BSF.

Если экспериментальные и аналитические результаты оказываются близкими, то считается, что эксперимент подтверждает адекватность модели параллельных вычислений BSF.

Данную методику тестирования следовало бы дополнить запусками программы, разработанной вручную с помощью технологии MPI, и сравнивать экспериментальные данные для MPI-программы, BSF-программы с результатами, полученными аналитически. Отсутствие такого сравнения не позволяет оценить эффективность разработанного параллельного BSF-каркаса. Наличие MPI-программы также позволило бы сделать выводы о простоте использования модели BSF. Например, за счет сравнения количества строк кода, которые потребуются для реализации соответствующих MPI- и BSF-программ.

4. Некоторые результаты, полученные в главе 4 нуждаются в пояснениях/комментариях. Например, на рисунке 30 показано ускорение выполнения итерационного метода Якоби решения СЛАУ. При использовании 280 рабочих узлов время работы программы, полученное аналитически с помощью стоимостной метрики модели BSF, отличается от времени, полученного в результате вычислительного эксперимента, почти в 4 раза.

На рисунке 33 показано ускорение выполнения гравитационной задачи, моделирующей движение тела малой массы среди n неподвижных тел большой массы. Для $n=450$ при использовании 60 рабочих узлов время работы программы, полученное аналитически с помощью стоимостной метрики модели BSF, отличается от времени, полученного в результате вычислительного эксперимента, почти в 1.7 раза. Чем вызвано столь большое расхождение?

5. В ИПМ им. М. В. Келдыша РАН разработана высокоуровневая модель программирования DVMH (Distributed Virtual Memory for Heterogeneous Systems), которая позволяет создавать программы для гетерогенных вычислительных кластеров с различными ускорителями. На основе данной модели реализована система автоматизации разработки параллельных программ (DVM-система), в состав которой входит DVM-предиктор. Данный инструмент использует трассировочную информацию, которая собирается системой поддержки выполнения DVM-программ во время прогона программы на инструментальной ЭВМ, моделирует выполнение DVM-программы и вычисляет временные характеристики выполнения данной программы на целевой ЭВМ. Параметры целевой ЭВМ, такие как производительность процессора, тип коммуникационной сети, латентность, пропускная способность сети, задаются пользователем. В предикторе реализован поиск оптимальной конфигурации для DVM-программы. Данный подход к анализу и отладке производительности параллельных программ не был рассмотрен в диссертации. В связи с этим возникает вопрос, а какие

преимущества имеет разработанный в диссертации подход по сравнению с подходом, разработанным в ИПМ им. М. В. Келдыша РАН?

Отдельно стоит отметить недостатки по изложению материала диссертации:

1. На странице 4 опечатка в слове «подход».
2. На странице 46 лишняя запятая во фразе «общей, памяти».
3. В некоторых местах знаки препинания (точки, запяты) после формул переносятся на следующую строку, как, например, на страницах 46, 49, 51.
4. На странице 97 опечатка в слове «сервером».
5. Для стандарта OpenMP неоднократно используется термин «библиотека». В состав стандарта включены не только библиотечные функции системы поддержки параллельного выполнения OpenMP-программ, но и спецификации параллелизма, а также переменные окружения. Для отображения OpenMP-программы на вычислительную систему используется специальный компилятор. Поэтому для OpenMP правильнее использовать термин «технология».

Отмеченные недостатки не снижают высокой оценки, которую заслуживает данная работа. Новая модель параллельных вычислений для итерационных алгоритмов на многопроцессорных системах с распределенной памятью с гарантированной оценкой масштабируемости и программная реализация каркаса параллельной программы на языке C++ на основе разработанной модели, несомненно, является важным научным и технологическим достижением в области организации параллельных вычислений.

Автореферат полно и правильно отражает содержание диссертации. В автореферате обоснована актуальность исследования, его цели, задачи, научная новизна, практическая ценность и значимость научных результатов, выносимых на защиту. Недостатки по изложению материала, отмеченные в диссертации, также присутствуют и в автореферате. Кроме того, на странице 4 автореферата отсутствуют ссылки на используемые источники. В предложении: «Обзор различных моделей параллельных вычислений можно найти в работах.»

Заключение о работе.

Считаю, что диссертация Ежовой Надежды Александровны «Модель параллельных вычислений для оценки масштабируемости итерационных алгоритмов на кластерных вычислительных системах» соответствует всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, согласно п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней» с изменениями постановления Правительства Российской Федерации от 21 апреля 2016 г. № 335 «О

внесении изменений в Положение о присуждении ученых степеней», а ее автор Ежова Надежда Александровна, безусловно, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей.

Официальный оппонент



Бахтин Владимир Александрович

«20» января 2020 года

Ведущий научный сотрудник отдела № 17

«Отдел программного обеспечения высокопроизводительных вычислительных систем и сетей»

Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук»
кандидат физико-математических наук (05.13.11 - Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей)

Адрес организации: 125047, Москва, Миусская пл., д.4, ИПМ им. М.В. Келдыша РАН

e-mail: bakhtin@keldysh.ru

тел.: +7 (499) 220-70-00 доб. 7080

Подпись Бахтина Владимира Александровича удостоверяю

И.о. ученого секретаря

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



Баканова Нина Борисовна

«20» января 2020 года

СВЕДЕНИЯ ОБ ОФИЦИАЛЬНОМ ОППОНЕНТЕ

диссертации Ежовой Н.А. «Модель параллельных вычислений для оценки масштабируемости итерационных алгоритмов на кластерных вычислительных системах» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.11 – математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

Фамилия, имя, отчество	Бахтин Владимир Александрович
Ученая степень (с указанием номера и шифра специальности)	Кандидат физико-математических наук, 05.13.11 – математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей
Ученое звание	
Организация основного места работы	Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук»
Ведомственная принадлежность	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Занимаемая должность	ведущий научный сотрудник
Почтовый адрес	125047, Москва, Миусская пл., д. 4
Телефон	+7 (499) 220-70-00 доб. 7080
Адрес электронной почты	bakhtin@keldysh.ru

Список основных публикаций по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях

1. Бахтин В.А., Крюков В.А. DVM-подход к автоматизации разработки параллельных программ для кластеров // Программирование. 2019. № 3. С. 43-56. DOI: 10.1134/S0132347419030038
2. Бахтин В.А., Захаров Д.А., Ермичев А.А., Крюков В.А. Отладка параллельных программ в DVM-системе // Параллельные вычислительные технологии – XIII международная конференция, ПаВТ'2019, г. Калининград, 2–4 апреля 2019 г. Короткие статьи и описания плакатов. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2019. С. 253-265. URL: elibrary.ru/download/elibrary_37327259_78135507.pdf

3. Бахтин В.А., Захаров Д.А., Колганов А.С., Крюков В.А., Поддерюгина Н.В., Притула М.Н. Решение прикладных задач с использованием DVM-системы // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Вычислительная математика и информатика. 2019. Т. 8. № 1. С. 89-106. DOI: 10.14529/cmse190106
4. Алексахин В.Ф., Бахтин В.А., Жукова О.Ф., Захаров Д.А., Крюков В.А., Поддерюгина Н.В., Савицкая О.А. Новые возможности DVM-системы // Научный сервис в сети Интернет. 2019. № 21. С. 25-39. URL: <https://keldysh.ru/abrau/2019/theses/36.pdf>
5. Бахтин В.А., Захаров Д.А., Козлов А.Н., Коновалов В.С. Разработка параллельного программного кода для расчетов задачи радиационной магнитной газодинамики и исследования динамики плазмы в канале КСПУ // Научный сервис в сети Интернет. 2019. № 21. С. 105-118. URL: <https://keldysh.ru/abrau/2019/theses/80.pdf>
6. Бахтин В.А., Захаров Д.А., Ермичев А.А., Крюков В.А. Сравнительная отладка параллельных DVMH-программ // Научный сервис в сети Интернет. 2019. № 21. С. 91-104. URL: keldysh.ru/abrau/2019/theses/37.pdf
7. Бахтин В.А., Жукова О.Ф., Катаев Н.А., Колганов А.С., Крюков В.А., Кузнецов М.Ю., Поддерюгина Н.В., Притула М.Н., Савицкая О.А., Смирнов А.А. Распараллеливание программных комплексов. Проблемы и перспективы // Научный сервис в сети Интернет. 2018. № 20 (20). С. 63-72. URL: <https://keldysh.ru/abrau/2018/theses/33.pdf>
8. Алексахин В.Ф., Бахтин В.А., Жукова О.Ф., Колганов А.С., Крюков В.А., Островская И.П., Поддерюгина Н.В., Притула М.Н., Савицкая О.А. Распараллеливание тестов NAS NPВ для сопроцессора Intel Xeon Phi на языке Fortran-DVMH // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Вычислительная математика и информатика. 2015. Т. 4. № 4. С. 48-63. DOI: 10.14529/cmse150403
9. Бахтин В.А., Жукова О.Ф., Колганов А.С., Королев Н.Н., Крюков В.А., Кузнецов М.Ю., Поддерюгина Н.В., Притула М.Н., Савицкая О.А., Смирнов А.А., Катаев Н.А. Инкрементальное распараллеливание для кластеров в системе САПФОР // Научный сервис в сети Интернет труды XIX Всероссийской научной конференции. 2017. С. 48-52. URL: <https://keldysh.ru/abrau/2017/11.pdf>
10. Бахтин В.А., Жукова О.Ф., Катаев Н.А., Колганов А.С., Крюков В.А., Поддерюгина Н.В., Притула М.Н., Савицкая О.А., Смирнов А.А. Автоматизация распараллеливания программных комплексов // Научный сервис в сети Интернет труды XVIII Всероссийской научной конференции. ИПМ им. М.В. Келдыша РАН. 2016. С. 76-85. URL: <https://keldysh.ru/abrau/2016/31.pdf>

11. Алексахин В.Ф., Бахтин В.А., Жукова О.Ф., Колганов А.С., Крюков В.А., Поддерюгина Н.В., Притула М.Н., Савицкая О.А., Шуберт А.В.
Распараллеливание на графические процессоры тестов NAS NPВ 3.3.1 на языке Fortran-DVMH // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2015. Т. 19. № 1 (67). С. 240-250.
URL: elibrary.ru/download/elibrary_23284319_45882394.pdf



Бахтин Владимир Александрович

«20» января 2020 года

Ведущий научный сотрудник отдела № 17

«Отдел программного обеспечения высокопроизводительных вычислительных систем и сетей»

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

Подпись Бахтина Владимира Александровича удостоверяю

И.о. ученого секретаря

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



Баканова Нина Борисовна