

**ПРОГРАММА ЗАСЕДАНИЯ СЕМИНАРА САЕ «МАКНИТ»  
19.04.2017**

**Стегайлов Владимир Владимирович**, профессор Департамента прикладной математики, Ведущий научный сотрудник Международной лаборатории суперкомпьютерного атомистического моделирования и многомасштабного анализа

**Суперкомпьютерное математическое моделирование материалов: оптимизация вычислений и параллелизация алгоритмов**

В докладе будет описаны вычислительные алгоритмы, использующиеся в классических и квантовых атомистических моделях материалов. Подобные расчеты составляют один из главных типов задач современных суперкомпьютеров. В докладе будут отражены вопросы повышения производительности кодов на современных типах процессоров, будет затронута эффективность компиляторов и математических библиотек. Будет рассмотрен вопрос использования GPU для ускорения расчетов. Будет дан обзор методов параллелизации вычислений и оптимизации параллельных алгоритмов с учетом топологии интерконнекта.

---

**Арутюнов Константин Юрьевич**,  
профессор Департамента электронной инженерии

**Фундаментальные ограничения и перспективы развития нанoeлектроники**

На протяжении нескольких десятилетий постоянной тенденцией развития электроники было увеличение степени интеграции компонентов, в том числе - за счет уменьшения их размеров [1]. Разумно задаться вопросом: каков фундаментальный предел миниатюризации в нанoeлектронике? Современные нанотехнологические методики позволяют изготовление структур суб-10 нм размеров [2,3]. Пока получение таких систем сверхмалых размеров возможно только с использованием уникальных технологий и воспроизводимо лишь в лабораторных условиях. Однако разумно предположить, что в ближайшее десятилетие быстрый прогресс технологий массового производства вплотную приблизится к 10 нм пределу. На этих масштабах различного рода квантовые размерные эффекты приводят к подавлению электрической проводимости в нормальных металлах [4], резкому снижению подвижности носителей заряда в полупроводниках [5] и появлению конечного электрического сопротивления в сверхпроводниках [6-8]. Все указанные явления накладывают принципиальные ограничения на использование наноструктур сверхмалых размеров в качестве элементов электрических цепей. Однако, вместе с этим «пессимистическим» выводом, указанные размерные эффекты могут быть использованы для изготовления нового поколения квантовых логических элементов [9,10], а также – для решения ряда прикладных задач: например – создания квантового эталона электрического тока [11].

[1] G. Moore, Electronics, 38, 8-13 (1965).

[2] M. Savolainen, V. Touboltsev, P. Koppinen, K.-P. Riikonen and K. Yu. Arutyunov, Ion beam sputtering method for progressive reduction of nanostructures dimensions, Appl. Phys. A 79, 1769 (2004).

---

- [3] M.Zgirski, K.-P. Riikonen, V. Tuboltsev, P. Jalkanen, T. T. Hongisto and K. Yu. Arutyunov, Ion beam shaping and downsizing of nanostructures, *Nanotechnology* 19, 055301 (2008).
- [4] Egor A. Sedov, Kari-Pekka Riikonen and Konstantin Yu. Arutyunov, Quantum size phenomena in single-crystalline bismuth nanostructures, *Nature: Quantum Materials* 2, 18 (2017) doi:10.1038/s41535-017-0017-8
- [5] V. Fonoberov and A. Balandin, Giant Enhancement of the Carrier Mobility in Silicon Nanowires with Diamond Coating, *Nano Lett.* 6, 2442 (2006).
- [6] M. Zgirski, K.-P. Riikonen, V. Touboltsev, and K. Arutyunov, Size Dependent Breakdown of Superconductivity in Ultranarrow Nanowires, *Nano Lett.* 5, 1029 (2005).
- [7] M. Zgirski, K.-P. Riikonen, V. Touboltsev and K. Yu. Arutyunov, Quantum fluctuations in ultranarrow superconducting nanowires, *Phys. Rev. B* 77, 054508 (2008).
- [8] K. Yu. Arutyunov, D. S. Golubev, and A.D. Zaikin, Superconductivity in one dimension, *Physics Reports* 464, 1-70 (2008).
- [9] K. Yu. Arutyunov, T. T. Hongisto, J. S. Lehtinen, L. I. Leino, and A. S. Vasiliev, Quantum phase slip phenomenon in ultra-narrow superconducting nanorings, *Nature: Sci. Rep.* 2(293), (2012)
- [10] O. V. Astafiev, L. B. Ioffe, S. Kafanov, Yu. A. Pashkin, K. Yu. Arutyunov, D. Shahar, O. Cohen, & J. S. Tsai, Coherent quantum phase slip, *Nature* 484(7394), 355 (2012).
- [11] S. Lehtinen, K. Zakharov, and K. Arutyunov, Coulomb blockade and Bloch oscillations in Superconducting Ti nanowires, *Phys. Rev. Lett.* 109, 187001 (2012).

---

**Карасев Михаил Владимирович,**

профессор Департамента прикладной математики, заведующий лабораторией «Математические методы естествознания»

**Данилов Владимир Григорьевич**

профессор Департамента прикладной математики, ведущий научный сотрудник лаборатории «Математические методы естествознания»

### **Проблемы математического моделирования многомасштабных систем**

Будет сделан общий обзор исследований, проводимых в лаборатории ЦФИ «Математические методы естествознания». Более подробно будет рассказано о двух новых перспективных подходах в асимптотическом многомасштабном анализе.

Многомасштабные асимптотики в гидродинамике.

Речь идет о задачах обтекания различных поверхностей с малыми неровностями. Эти задачи интересны тем, что степени малого параметра, по которым строится асимптотика решения, не кратны степеням, входящим в исходное уравнение. При этом возможно возникновение слоев с разными характерными масштабами. Классической является трехслойная структура Смита-Стюартсона-Ван Дайка-Нейланда. Второй пример – двухслойная структура в задаче обтекания пластины - был построен в наших работах в середине 90-х годов. Степени малого параметра (величины, обратной числу Рейнольдса) в этой двухслойной структуре оказались отличными от тех, которые определяют трехслойную структуру. В последнее время мы вернулись к этому кругу задач. Оказалось,

что двухслойная структура возникает также при течении в трубах и каналах с малыми периодическими шероховатостями на стенках. Параметры, определяющие двухслойную структуру в этих течениях отличаются от тех, которые возникли в перечисленных выше задачах.

Далее, были исследованы нестационарные задачи. Такие задачи нами были поставлены и решены впервые. Оказалось, что, в зависимости от задачи, в различных областях течения возникают различные масштабы времени. Это влияет на структуру априорных оценок решений задачи Коши и требует специальной формулировки задачи об устойчивости течения. Подчеркнем, что иерархия времен в нестационарных погранслойных течениях не была ранее известна.

Метод слабых асимптотик.

Асимптотическим решением обычно называют функцию, удовлетворяющую уравнению и начальным (краевым) условиям с некоторой точностью по малому параметру. Слабыми асимптотическими решениями мы называем приближенные решения, удовлетворяющие уравнению с малой в смысле обобщенных функций невязкой. Этот подход позволяет строить асимптотические решения, описывающие взаимодействие нелинейных волн в неинтегрируемых задачах. Прежде всего, речь идет о стандартных задачах для неинтегрируемых версий уравнений KdV, Sine-Gordon и др. А кроме того, задача о взаимодействии нелинейных волн возникает при исследовании гиперболических законов сохранения с помощью модификаций метода Глимма. В этом методе решение рассматривается как предел кусочно-постоянных аппроксимаций - линейных комбинаций функций Хевисайда. В методе слабых асимптотик мы рассматриваем линейную комбинацию сглаженных функций Хевисайда и строим эволюцию полученной функции в непрерывном времени, используя формулы, описывающие взаимодействие скачков.

---

**Дворецкий Игорь Николаевич,**

научный сотрудник Учебно-исследовательской лаборатории высокопроизводительных аппаратно-программных комплексов и локальных вычислительных сетей

**Встраиваемые гетерогенные системы технического зрения.**

**Высокопроизводительный процессинг изображений**

Выступление посвящено разработке и внедрению систем технического зрения, включая программное обеспечение для процессинга изображений.

Будет представлены современные аппаратные и программные технологии технического зрения, включая:

- Встраиваемые графические модули NVIDIA Jetson TX1/TX2,
- Программный фреймворк для организации полного конвейера обработки изображений и видео,
- Сверхбыстрый процессинг на CUDA,
- Промышленные камеры XIMEA с самыми современными сенсорами и быстрыми интерфейсами,
- Аппаратные средства интеграции и строительства решений для машинного зрения,
- Высоконагруженные встраиваемые вычислительные средства на CPU, GPU, FPGA.

---

**Романов Александр Юрьевич,**

старший преподаватель Департамента компьютерной инженерии

## **Проектирование сетей на кристалле: топологический подход**

Доклад посвящен вопросам синтеза сетей на кристалле (СтнК) и методам улучшения их параметров. Рассматривается топологический подход к синтезу СтнК в контексте применения квазиоптимальных топологий. Приводятся результаты разработки программных средств, реализующих методы и критерии оптимальности для синтеза и верификации квазиоптимальных топологий, а также моделей СтнК разного уровня абстракции, с помощью которых проводилось моделирование и синтез СтнК с различными топологиями. Приводятся результаты сравнения характеристик СтнК с квазиоптимальными топологиями и СтнК на основе регулярных топологий. Отдельно рассматриваются вопросы применения циркулянтных топологий, как альтернативы квазиоптимальным и регулярным топологиям mesh и torus, а также проблемы их синтеза.