

DOI: 10.51790/2712-9942-2021-2-4-8

О ПРОБЛЕМЕ СНИЖЕНИЯ РАЗМЕРНОСТИ СЕТОЧНЫХ АППРОКСИМАЦИЙ

В. Б. Бетелин¹, В. А. Галкин²¹ Федеральное государственное учреждение «Федеральный научный центр

Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук»,

г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6646-2660>, betelin@inbox.ru² Сургутский филиал Федерального государственного учреждения «Федеральный научный центр

Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук»,

г. Сургут, Российская Федерация, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9721-4026>, val-gal@yandex.ru

Аннотация: предложен общий подход к развитию методов математического моделирования сложных систем. Центральной проблемой, связанной с использованием вычислительной техники, являются сеточные аппроксимации большой размерности и суперЭВМ высокой производительности с большим числом параллельно работающих микропроцессоров. В качестве возможных альтернатив сеточным аппроксимациям большой размерности разрабатываются кинетические методы решения дифференциальных уравнений и методы «склейки» точных решений на грубых сетках.

Ключевые слова: кинетические методы, сеточные аппроксимации, понижение размерности аппроксимаций.

Для цитирования: Бетелин В. Б., Галкин В. А. О проблеме снижения размерности сеточных аппроксимаций. *Успехи кибернетики*. 2021;2(4):75–77. DOI: 10.51790/2712-9942-2021-2-4-8.

REDUCING THE DIMENSIONALITY OF GRID APPROXIMATIONS

V. B. Betelin¹, V. A. Galkin²¹ Federal State Institution “Scientific Research Institute for System Analysis of the Russian Academy of Sciences”, Moscow, Russian Federation, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6646-2660>, betelin@inbox.ru² Surgut Branch of Federal State Institute “Scientific Research Institute for System Analysis of the Russian Academy of Sciences”, Surgut, Russian Federation, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9721-4026>, val-gal@yandex.ru

Abstract: a general approach to the development of complex systems simulation is proposed. The key computer applications problem is the high-dimensional grid approximations and high-performance supercomputers with a large number of parallel CPUs. Kinetic methods for solving differential equations and methods for “gluing” exact solutions produced with coarse meshes are developed as possible alternatives to high-dimensional grid approximations.

Keywords: kinetic methods, grid approximations, approximation dimensionality reduction.

Cite this article: Betelin V. B., Galkin V. A. Reducing the Dimensionality of Grid Approximations. *Russian Journal of Cybernetics*. 2021;2(4):75–77. DOI: 10.51790/2712-9942-2021-2-4-8.

Последние двадцать пять лет по показателю производительность/стоимость лидировали и лидируют в настоящее время суперЭВМ на основе коммуникационной сети параллельно работающих **массовых коммерческих микропроцессоров** таких зарубежных компаний, как Intel, AMD и др. [1]. Все эти годы в экономических условиях России именно это обстоятельство являлось и является решающим при выборе и приобретении суперкомпьютера для использования и в науке, и в образовании, и в промышленности, и в бизнесе. Поскольку российской альтернативы массовым коммерческим продуктам Intel и AMD не было и нет, то практически все отечественные суперЭВМ создавались и создаются на основе этих зарубежных продуктов. Основная проблема, которую решали все эти годы и решают в настоящее время российские пользователи этих суперЭВМ — **разработка, по сути дела, импортозависимых суперкомпьютерных технологий, включающих методы, алгоритмы и программы**, обеспечивающих максимальную загрузку при параллельной работе все возрастающего числа массовых коммерческих микропроцессоров Intel, AMD, а последние годы и NVIDIA, при решении практических задач.

Это одна из основных причин того, что разрабатываемые в нашей стране и за рубежом технологии моделирования сложных физических процессов существенно основываются на использовании сеточных аппроксимаций большой размерности (с числом узлов до 10^{10} [2]) и суперЭВМ высокой производительности с большим числом параллельно работающих микропроцессоров (экстремальный параллелизм [2]).

Прогресс в этих технологиях в настоящее время связывается только с увеличением размерности сеточных аппроксимаций и, как следствие, ростом требований к производительности/стоимости суперЭВМ. То есть, в конечном счете, к увеличению числа параллельно работающих микропроцессоров и их производительности. Поскольку производительность микропроцессора, в основном, определяется технологическим уровнем его производства, то, по сути дела, в настоящее время прогресс в вычислительных технологиях на основе сеточных аппроксимаций большой размерности определяется прогрессом в области микроэлектронных технологий. То есть отставание в микроэлектронных технологиях влечет за собой отставание в технологиях моделирования на основе сеточных аппроксимаций большой размерности.

Из вышеизложенного следует, что снижение размерности сеточных аппроксимаций обеспечит снижение требований к числу и производительности микропроцессоров суперЭВМ и, следовательно, снижение требований к технологическому уровню их производства. Тем самым будут созданы предпосылки для обеспечения импортонезависимости страны в области суперкомпьютерных технологий.

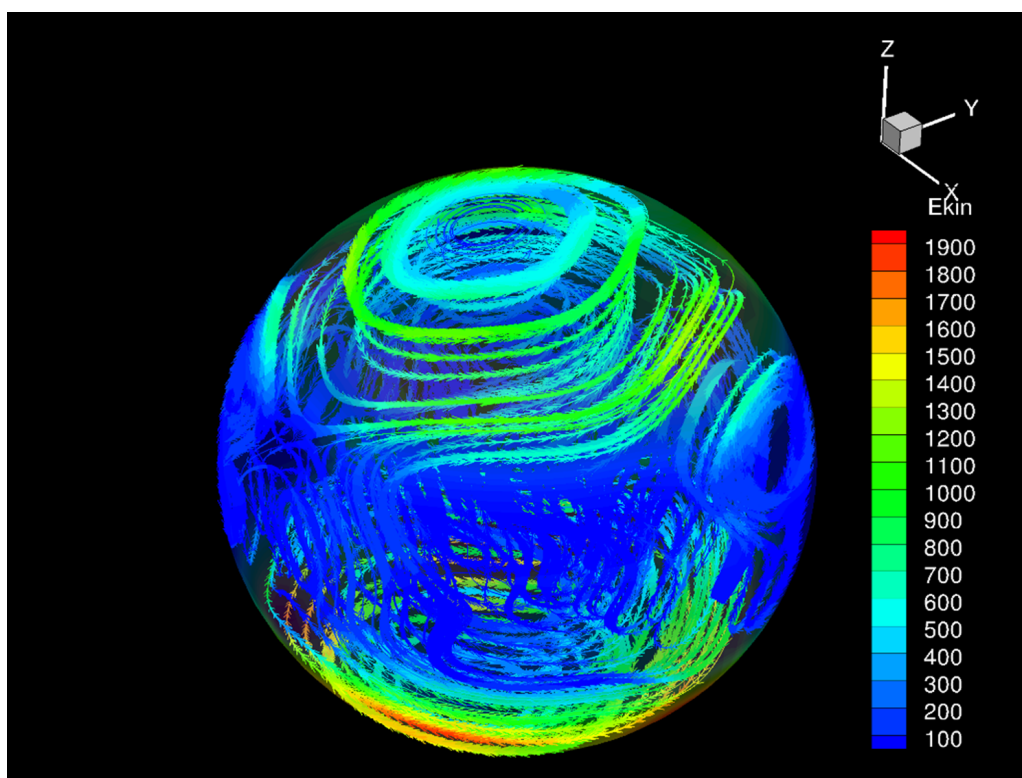


Рис. Визуализация расчета структуры МГД-течения в 3D шаре

Решением этой проблемы занимается коллектив Сургутского филиала ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, возглавляемый профессором, доктором физико-математических наук В.А. Галкиным. В качестве возможных альтернатив сеточным аппроксимациям большой размерности разрабатываются кинетические методы решения дифференциальных уравнений и методы «склейки» точных решений на грубых сетках, которые были реализованы при расчетах термоядерного оружия в 50-х годах прошлого века [3, 4].

Показано, что на данном классе задач применение этих методов позволяет на 1–2 порядка сократить размерность расчетной сетки и требования к производительности суперЭВМ при сохранении точности вычислений.

В вычислительных экспериментах установлено, что при условии одинаковой точности для задачи приближенного расчета МГД-течений в инвариантном 3D шаре на рабочей станции с производительностью 7,45 ТФЛОПС на расчетной сетке $N = 84000$ узлов время расчета равно приблизительно

2 неделям, а сочетание точных решений и грубой сетки из $0.1 \times N$ узлов позволяет снизить время расчета до 1 часа.

В частности, реализация упомянутых подходов, основанных на сочетании точных решений задач гидродинамики, магнитной гидродинамики и физической кинетики на сложных многообразиях, позволяет выявить тонкую структуру трехмерных течений, интерпретация которой стандартными средствами компьютерной визуализации представляется весьма затруднительной из-за крайней сложности их структуры (см. рис.) [3]. При этом сравнительный анализ эффективности вычислительных систем позволяет сделать вывод о необходимости развития организации вычислений, основанных на целочисленной арифметике в сочетании с универсальными приближенными методами [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Велихов Е. П., Бетелин В. Б., Кушниренко А. Г. *Промышленность, инновации, образование и наука в России*. М.: Наука; 2010. 139 с.
2. Осипов В. П., Четверушкин Б. Н. Вычислительные алгоритмы для систем с экстремальным параллелизмом. *Ж. вычислительной математики и математической физики*. 2020;60(5):802–814.
3. Бетелин В. Б., Галкин В. А. Универсальные вычислительные алгоритмы и их обоснование для приближенного решения дифференциальных уравнений. *Доклады Академии наук*. 2019;488(4):351–357.
4. Бетелин В. Б., Галкин В. А., Дубовик А. О. Точные решения системы Навье–Стокса для несжимаемой жидкости в случае задач, связанных с нефтегазовой отраслью. *Доклады Российской академии наук. Математика, информатика, процессы управления*. 2020;495(1):13–16.