

Конечно-объемная технология и многосеточный алгебраический метод для решения много-физических задач

Терехов Кирилл Михайлович

Институт Вычислительной Математики им. Г.И. Марчука Российской Академии Наук
terekhov@inm.ras.ru

Соавторы: Коньшин Игорь Николаевич, Василевский Юрий Викторович

Секция: Пленарный доклад

В докладе обсуждается устойчивая консервативная конечно-объемная технология для совместного суперкомпьютерного моделирования нескольких физических процессов на динамических адаптивных подвижных сетках общего вида.

Предложенные численные методы отличаются устойчивостью как для задач с преобладающей конвективной составляющей, так и для задач седлового типа, формирующихся в процессе совместного решения нескольких физических процессов [1, 3–10]. Численные методы применены к задачам разной физики, таких как линейная упругость и пороупругость [4, 7, 8], течение несжимаемой жидкости [5], механика жестких тел [1], многофазная фильтрация [1, 10], взаимодействие электромагнитных полей [1], течение и свертываемость крови [3], а также взаимодействие областей с разными физическими законами [6].

Предложены два подхода решения возникающих систем. Первый подход основан на многоуровневой неполной факторизации второго порядка с переупорядочиванием и масштабированием [10], второй подход основан на блочном алгебраическом многосеточном методе [2]. Алгебраический многосеточный метод на практике показывают линейную зависимость сложности решения от размера задачи, в том числе для систем седлового характера.

Одной из особенностей вычислительной технологии заключается в возможности динамической адаптации расчетных сеток общего вида в параллельном режиме. Динамическая адаптация включает как измельчение и разгружение многогранных ячеек, так и перемещение узлов сетки в пространстве. Для работы с подвижными сетками был предложен консервативный четырехмерный вариант метода конечных объемов [3]. Динамическая адаптация расчетной сетки позволяет как моделировать процессы в подвижных областях, так и повышать точность расчета при экономии вычислительных ресурсов.

Ряд суперкомпьютерных технологий, образующих основу реализации численных методов, внедрены в открытой программной платформе INMOST (www.inmost.org, www.inmost.ru) для распределенного параллельного математического моделирования [10].

[1] K.M. Terekhov. General finite-volume framework for saddle-point problems of various physics // Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling 36 (6), 359–379, (2021)

[2] I.N. Konshin, K.M. Terekhov. Block Algebraic Multigrid Method for Saddle-Point Problems

of Various Physics // Supercomputing: 9th Russian Supercomputing Days, Springer, 17–34, (2023)

- [3] K.M. Terekhov, I.D. Butakov, A.A. Danilov, Yu.V. Vassilevski. Dynamic adaptive moving mesh finite-volume method for the blood flow and coagulation modeling // International Journal for Numerical Methods in Biomedical Engineering, e3731, (2023)
- [4] K.M. Terekhov, Yu. V. Vassilevski. Finite volume method for coupled subsurface flow problems, II: Poroelasticity // Journal of Computational Physics 462, 111225, (2022)
- [5] K.M. Terekhov. Collocated finite-volume method for the incompressible Navier–Stokes problem // Journal of Numerical Mathematics 29 (1), 63–79, (2021)
- [6] K.M. Terekhov. Multi-physics flux coupling for hydraulic fracturing modelling within INMOST platform // Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modeling 35 (4), 223–237, (2020)
- [7] K.M. Terekhov. Cell-centered finite-volume method for heterogeneous anisotropic poromechanics problem // Journal of Computational and Applied Mathematics 365, 112357, (2020)
- [8] K.M. Terekhov, H.A. Tchepeli. Cell-centered finite-volume method for elastic deformation of heterogeneous media with full-tensor properties // Journal of Computational and Applied Mathematics 364, 112331, (2020)
- [9] K.M. Terekhov, Yu.V. Vassilevski. Finite volume method for coupled subsurface flow problems, I: Darcy problem // Journal of Computational Physics 395, 298–306, (2019)
- [10] Yu. Vassilevski, K. Terekhov, K. Nikitin, I. Kapyrin. Parallel finite volume computation on general meshes // Springer International Publishing, (2020)