16. Спектральный предобуславливатель для решения уравнения Пуассона

инж.-иссл., А.А. Манаев, зав. лаб., д.ф.-м.н. В.В. Лисица,
Лаборатория численного моделирования многофизичных процессов (Ц1.5)

Разработан и реализован численный алгоритм решения уравнения Пуассона с быстроменяющимися резкоконтратными коэффициентами.

Для решения возникающей системы линейных алгебраических уравнений используется метод сопряженных коэффициентов, а предобуславливатель строится как обратный оператор Лапласа, соответствующий однородной модели. В свою очередь, для обращения используется спектральное разложение двух трехдиагональных матриц, соответствующих аппроксимации одномерных производных. Полученная серия одномерных задач решается методом прогонки. Используемый предобуславливатель может быть эффективно применен как к исходной задаче с быстро изменяющимися высококонтрастными коэффициентами, так и к задаче, в которой решение вычисляется только в поровом пространстве. Реализация с использованием графических процессоров позволяет решать задачи размером до 109 неизвестных с помощью одного GPU. Параллельная версия спектрального предобуславливателя построена на основе метода декомпозиции области с использованием полиномиальной аппроксимации обратной матрицы и блочно-диагональной матрицы, каждый блок которой аналогичен по своему действию спектральному предобуславливателю. Предложенный алгоритм используется для расчета потенциальных полей в пористых материалах, включая поле постоянного электрического поля, поле температуры, поле давления при моделировании многофазных потоков.

Работа выполнена в рамках гранта Российского научного фонда 22-11-20004-П (Лисица В.В. – статьи 1 и 2, Манаев А.А. – статья 1) и государственного задания ИМ СО РАН, проект FWNF-2026-0025 (Манаев А.А – статья 2).

Результат опубликован в работах:

1. *V. Lisitsa, A. Manaev, T. Khachkova, D. Prokhorov, V. Chepelenkova* GPU-oriented numerical algorithm to estimate formation factor of porous materials // Journal of Computational Science, **96** (2026), art. no 102829. DOI:10.1016/j.jocs.2026.102829

2. *A. Manaev, V. Lisitsa, Y. Yang* Estimation of the Electric Resistivity of Large-scale Digital Rock Samples // Lobachevskii Journal of Mathematics, **47**:8 (2026), 3683—3695. DOI:10.1134/S1995080226619387