

# Применение методов декомпозиции области при гидродинамическом моделировании нефтегазовых месторождений

А.А. Яппарова<sup>1</sup>, Д.Ф. Марьин<sup>1</sup>, И.Ф. Сайфуллин<sup>2</sup>

Уфимский государственный авиационный технический университет<sup>1</sup>,  
ООО «РН-УфаНИПИнефть»<sup>2</sup>

Методы пространственной декомпозиции (в англоязычной литературе Domain Decomposition Methods) – это методы решения дифференциальных уравнений в частных производных, прежде всего эллиптического и параболического типов, на основе идеологии «разделяй и властвуй». Основная идея методов пространственной декомпозиции для решения краевых задач состоит в разделении исходной задачи на подзадачи в подобластях меньшего размера. Задачи в подобластях решаются независимо друг от друга, что делает методы пространственной декомпозиции подходящими для параллельных вычислений, однако необходимо согласование решений на границах. Классические методы пространственной декомпозиции, делятся на два широких класса: методы с перекрытием и без перекрытия подобластей [1, 2].

Идея использования методов пространственной декомпозиции при гидродинамическом моделировании возникла из необходимости расчета моделей реальных нефтегазовых месторождений. Средствами библиотеки MPI были реализованы два метода пространственной декомпозиции: метод Шварца и метод Дирихле-Неймана, в качестве надстройки над существующим гидродинамическим симулятором NGT BOS.

Двумерной декомпозицией исходная модель месторождения разбивается на подмодели с сохранением информации о граничных ячейках. Каждая подмодель запускается на расчет независимо, выполняется согласование граничных условий между подобластями.

В методе Шварца решение в одной подобласти используется для получения новых значений граничных условий Дирихле в другой подобласти. Для метода Шварца были проведены численные эксперименты для исследования зависимости времени расчета модели от размера перекрытия.

В отличие от метода Шварца, методы без перекрытия требуют обеспечения непрерывности функций и их первых производных. Итерационный алгоритм Дирихле-Неймана предусматривает обмен значениями неизвестных в граничных ячейках и потоков через границы подобластей.

Полученные в ходе численных экспериментов результаты показывают, что при расчетах достаточно больших моделей со скважинами, расположенными вдали от границ между подобластями, реализованные методы декомпозиции являются достаточно эффективными. При сравнении результатов параллельных расчетов с результатами последовательного расчета наибольшее расхождение наблюдается около границ секторов, вокруг скважин и на границах движущихся фронтов.

## Литература

1. Mathew T. Domain Decomposition Methods for the Numerical Solution of Partial Differential Equations // Lecture Notes in Computational Science and Engineering. 2008. Volume 61. 764 p.
2. Toselli A., Widlund O. Domain Decomposition Methods – Algorithms and Theory // Springer Series in Computational Mathematics. 2004. Volume 34. 450 p.