

# Сравнение различных методов решения задач динамики несжимаемой жидкости по времени счета

Авдюшенко А.Ю.

11 сентября 2014 г.

Работа посвящена исследованию различных подходов к ускорению решения нестационарных трехмерных задач динамики несжимаемой жидкости методом, предложенным в [1]. В его основу положены метод искусственной сжимаемости [2, 3], конечных объемов и приближенной  $LU$ -факторизации. Сравнение подходов проводится на задачах обтекания кругового цилиндра и течения жидкости в реальной гидротурбине.

Для решения нестационарных задач в концепции искусственной сжимаемости на каждом шаге по времени организуется итерационный процесс установления по псевдовремени. На каждой итерации необходимо решать систему линейных алгебраических уравнений (СЛАУ)

$$\mathbf{Ax} = \mathbf{b}, \quad (1)$$

возникающую при дискретизации уравнений Рейнольдса.

Рассмотрены три подхода

- неявная схема с приближенной  $LU$ -факторизацией для решения СЛАУ (1) и явным заданием граничных условий;
- неявная схема с точным обращением матрицы СЛАУ методами библиотеки Intel MKL для разреженных матриц: PARDISO и FGMRES;
- явная схема Рунге-Кутты по псевдовремени.

Исследованы скорости сходимости и эффективности параллельной реализации этих методов. Реализованы две версии параллельных алгоритмов. Первая – с использованием стандарта OpenMP [4],

вторая – с использованием CUDA Fortran [5] для проведения расчетов на графическом процессоре. Все расчеты проведены на кластере ИВЦ НГУ. Минимальное время расчета нестационарной задачи получено при использовании неявной схемы с приближенной  $LU$ -факторизацией и распараллеливанием по стандарту OpenMP.

## Список литературы

- [1] С. Г. ЧЕРНЫЙ, Д. В. ЧИРКОВ, В. Н. ЛАПИН, В. А. СКОРОСПЕЛОВ, С. В. ШАРОВ. Численное моделирование течений в турбомашинах / Новосибирск: Наука, 2006. — 202 с.
- [2] ВЛАДИМИРОВА Н. Н., КУЗНЕЦОВ Б. Г., ЯНЕНКО Н. Н. Численный расчет симметричного обтекания пластинки плоским потоком вязкой несжимаемой жидкости // Некоторые вопросы вычисл. и прикл. математики. — 1966. — С. 186–192.
- [3] SNORIN A. J. A numerical method for solving incompressible viscous flow problems // J. Comp. Phys. — 1967. — Vol. 2. P. 12–26.
- [4] АНТОНОВ А. С. Параллельное программирование с использованием технологии OpenMP: Учебное пособие / М.: Изд-во МГУ, 2009. — 77 с.
- [5] RUETSCH G., FATICA M. CUDA Fortran for Scientists and Engineers / NVIDIA Corporation, 2011. — 152 p.