

## Масштабируемость CFD–приложений на гибридных вычислительных системах

А. А. Давыдов

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт прикладной математики им М. В. Келдыша РАН  
125047, Москва, Россия*

Под масштабированием приложений, как правило, понимают одно из двух различных действий:

- Масштабирование по числу процессоров при фиксированном объеме исходных данных.
- Масштабирование по числу процессоров с пропорциональным наращиванием объема исходных данных.

Масштабируемость в обоих смыслах является важной характеристикой, как приложения, так и вычислительной системы.

В работе исследуется масштабируемость программного комплекса «Экспресс–3D» при решении системы квазигазодинамических уравнений [1] на вычислительных системах К-100 [2] и СК «Ломоносов» [3] с использованием графических процессоров NVIDIA Fermi (Tesla C20XX). Комплекс «Экспресс–3D» [4] позволяет решать задачи газовой динамики на многоблочных индексных сетках. В качестве системы параллельного программирования используется модель shmem (shared memory).

За характерный объема задачи, относительно которого измеряется эффективность, был выбран объем максимально приближенный к памяти одного вычислительного устройства (графического процессора).

Для фиксированного объема обрабатываемых данных получены следующие показатели эффективности (см. таблицу 1)

Количество GPU (узлов на К-100)	1 (1)	3 (1)	9 (3)	27 (9)
Время	27,90	9,88	3,58	1,35
Ускорение	1,00	2,82	7,79	20,67
Эффективность	100,00 %	94,13 %	86,59 %	76,54 %

Таблица 1. Параллельная эффективность при постоянном размере задачи.

В таблице 2 данные для случая с наращиванием объема данных полученные на СК «Ломоносов». Объем данных обрабатываемый каждым ускорителем — 150x150x150 ячеек сетки. Таким образом, суммарный размер сетки обрабатываемый на 1024 ускорителях составил 3.5 миллиарда ячеек.

Число GPU	1	2	4	8	16	32	64	128	256	512	1024
время, с	87,12	87,82	88,8	89,30	90,23	91,00	91,50	91,57	91,97	92,46	92,74
Эффективность	100,0 %	99,2 %	98,1 %	97,6 %	96,6 %	95,7 %	95,2 %	95,1 %	94,7 %	94,2 %	93,9 %

Таблица 2. Параллельная эффективность при пропорциональном увеличении размере задачи.

Полученные результаты дают возможность прогнозировать достаточно высокую параллельную эффективность при решении задач газовой динамики на системах достаточно большим числом (до нескольких десятков тысяч) графических процессоров, что соответствует системам с пиковой 1–10 Петафлопс.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Елизарова Т.Г. Квазигазодинамические уравнения и методы расчета вязких течений. М.: Научный мир, 2007.
2. <http://www.kiam.ru/MVS/resources/k100.html>
3. <http://parallel.ru/cluster/lomonosov.html>
4. А. А. Давыдов. Параллельный программный комплекс «Express-3D» для решения задач газовой динамики в областях сложной формы на гибридных вычислительных системах с графическими процессорами NVIDIA. Материалы XI всероссийской конференции «Высокопроизводительные параллельные вычисления на кластерных системах». Нижний Новгород, 2 ноября 2011 г., СС 100-101.