

### ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСЕСИММЕТРИЧНОГО ОБТЕКАНИЯ ПРОТЯЖЕННОГО СОСТАВНОГО ТЕЛА МЕТОДОМ ПРОБНЫХ ЧАСТИЦ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИЕРАРХИЧЕСКИХ СЕТОК

Данная статья является продолжением работ по развитию метода пробных частиц (МПЧ). Показаны преимущества двухуровневой иерархической неравномерной сетки (ДИНС) над равномерной расчетной сеткой (РРС) при наличии обширных зон с низкой плотностью. Для этого рассмотрено гиперзвуковое обтекание протяженного составного осесимметричного тела под нулевым углом атаки для условий опубликованного ранее эксперимента. Полученные изолинии безразмерной плотности соответствуют имеющимся экспериментальным данным и результатам расчетов МПЧ на равномерной сетке.

Переход от равномерной сетки к ДИНС дает возможность существенно сократить общее количество расчетных ячеек, сохраняя при этом их размеры в зонах с малыми длинами свободного пробега молекул, и тем самым экономить машинные ресурсы без снижения точности получаемых результатов. Использование ДИНС позволяет получить аналогичное РРС качество результатов (распределения газодинамических параметров и значения коэффициента лобового сопротивления) при уменьшении количества ячеек в 50 раз и сокращении расчетного времени в 5 раз.

**Ключевые слова:** метод Монте-Карло, метод пробных частиц, иерархические двухуровневые неструктурированные сетки, численное моделирование.

1. Власов В. И. Консервативный вариант метода пробных молекул (Монте-Карло) / В. И. Власов // Труды VIII Всесоюзной конф. по динамике разр. газов (Численные и аналитические методы в динамике разреженных газов). – М., 1986. – С. 81 – 85.
2. Басс В. П. Численное моделирование стационарного осесимметричного обтекания затупленного конуса в переходном режиме обтекания / В. П. Басс, Л. Л. Печерица // Вісник Дніпропетровського університету. Механіка. – 2005. – Т. 1, Вип. 9. – С. 57 – 66.
3. Басс В. П. Об одном алгоритме реализации метода Монте-Карло для решения задач динамики разреженного газа / В. П. Басс, Л. Л. Печерица // Техническая механика. – 2006. – № 1. – С. 67 – 79.
4. Басс В. П. Численное решение трехмерных задач динамики разреженного газа / В. П. Басс, Л. Л. Печерица // Техническая механика. – 2010. – № 2. – С. 38 – 51.
5. Метод статистических испытаний (метод Монте-Карло) / Н. П. Бусленко, Л. И. Голенко, И. Н. Соболев и др. – М. : ГИФМЛ, 1962. – 334 с.
6. Соболев И. М. Численные методы Монте-Карло / И. М. Соболев. – М. : Наука, 1973. – 312 с.
7. Смеляя Т. Г. Выбор расчетной сетки при моделировании течений разреженного газа методом пробных частиц / Т. Г. Смеляя // Техническая механика. – 2013. – № 1. – С. 45 – 60.
8. Смеляя Т. Г. Неструктурированные сетки и их применение при численном моделировании методом пробных частиц / Т. Г. Смеляя // Техническая механика. – 2015. – № 4. – С. 155 – 168.
9. Печерица Л. Л. Численное моделирование осесимметричного обтекания тел простой формы с использованием иерархических сеток / Л. Л. Печерица, Т. Г. Смеляя // Техническая механика. – 2016. – № 1. – С. 155 – 168.
10. Allegre J. Experimental Rarefied Density Flowfield at Hypersonic Conditions over 70-Degree Blunted Cone / J. Allegre, D. Bisch, and J. C. Lengrand // Journal of Spacecraft and Rockets. – 1997. – Vol. 34, № 6. – P. 714 – 718.
11. Allegre J. Experimental Rarefied Aerodynamic Forces at Hypersonic Conditions over 70-Degree Blunted Cone / J. Allegre, D. Bisch, and J. C. Lengrand // Journal of Spacecraft and Rockets. – 1997. – Vol. 34, № 6. – P. 719 – 723.
12. Bird G. A. Molecular gas dynamic and the direct simulations of gas flows / G. A. Bird. – Oxford : Clarenton Press, 1994. – 458 p.