

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДИФИКАЦИЙ ЧИСЛЕННОГО МЕТОДА ЧАСТИЦ В ЯЧЕЙКАХ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ТЕЧЕНИЙ

А. Ю. Выдрин^{1, 2}, С. В. Сенчуков¹

¹ФГУП «РФЯЦ – ВНИИТФ им. академ. Е. И. Забабахина», Снежинск, Россия

²СФТИ НИЯУ МИФИ, Снежинск, Россия

Развитие вычислительной техники в последнее время вывело на передний план широкий спектр численных методов, более затратных по вычислениям, чем общепринятые, но при этом более устойчивые к изменениям геометрии течения. Так, например, лагранжев метод частиц в ячейках [1], разработанный группой ученых под руководством Ф. Х. Харлоу успешно применяется для описания газодинамических течений сложных конфигураций и высоких степеней сжатия. При этом, однако, имеют место существенные флуктуации газодинамических величин в силу дискретной природы самого численного метода. Данная работа посвящена модификации численного метода частиц в ячейках – добавления индивидуальных значений плотности на частицах в разностную схему. Зная значение индивидуальной плотности, и энергии [2] на частицах, вычисляется давление для каждой частицы через уравнение состояния для случая идеального газа. После пересчета с частиц на сетку давление усредняется и подставляется в разностную схему. Для расчета изменения плотности используется уравнение неразрывности (1) из системы уравнений газовой динамики в переменных Лагранжа [3], путем преобразования которого было получено дифференциальное уравнение, которое описывает натуральный логарифм плотности во времени (2):

$$\frac{d\rho}{dt} = -\rho \operatorname{div} \vec{u}; \quad (1)$$

$$\frac{d \ln(\rho)}{dt} = -\operatorname{div} \vec{u}. \quad (2)$$

Используя разностный вид уравнения (2) вычисляется значение индивидуальной плотности на частицах в предположении равной сжимаемости. Были получены результаты для тестовой задачи «Blast Waves» [4] на адаптивной сетке с использованием линейной и квадратичной интерполяции для получения эффективных скоростей для перемещения частиц. Проведено графическое сравнение с эталонным решением задачи, полученным на лагранжевом счете.

Литература

1. Харлоу Ф. Х. Численный метод частиц в ячейках для задач гидродинамики [Текст]. – Калифорнийский университет, Научно – исследовательская лаборатория в Лос – Аламосе, Нью – Мексико.
2. Харлова, М. А. Численное исследование режима автоколебаний в методе частиц [Текст] / М. А. Харлова, И. А. Литвиненко. – Снежинск : Изд-во РФЯЦ – ВНИИТФ.
3. Зельдович, Я. Б. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений, издание второе дополненное [Текст] / Я. Б. Зельдович, Ю. П. Райзер. – М. : Изд-во «Наука», 1966.
4. Woodward, P. The numerical simulation of two-dimensional fluid flow with strong shocks [Text] / P. Woodward, P. Collella // J. of Comp. Phys. – 1984. – Vol. 54.