

0.1. Ларкин Д.О., Кагенов А.М. Математическое моделирование течения двухфазной среды при взаимодействии сверхзвуковой струи с преградой

Во время взлета или посадки космических аппаратов воздействие сверхзвуковых струй продуктов сгорания двигательной установки может приводить к возникновению эрозии места старта или посадки. В результате возможно образование пылевого облака. Отдельные частицы грунта могут повредить полезную нагрузку космического аппарата и его аппаратуру. Также пылевое облако может сказаться на показаниях ряда приборов.

В работе рассматривается задача о течении двухфазной среды при натекании одиночной сверхзвуковой струи на плоскую преграду. Для математического описания физической постановки используются допущения: газ идеальный, невязкий, сжимаемый. Частицы сферической формы, учитываются силы тяжести и сопротивления. Сверхзвуковое течение газа в декартовой системе координат описывается с использованием уравнений Эйлера [1]. Движение частиц описывается вторым законом Ньютона.

Для разрешения уравнений Эйлера использовался метод контрольных объёмов. Суть данного метода заключается в сведении дифференциальных законов сохранения в частных производных к интегральным. Для получения монотонного решения используются различные TVD-схемы [2]. В данной работе представлена схема *limitedLinear* с ограничителем наклона *Sweby* [3]. Полученная система уравнений газовой динамики решалась с использованием алгоритма PIMPLE. Данный алгоритм обладает надёжностью и скоростью счёта, а так же позволяет использовать число Куранта больше единицы.

В данной работе расчёт производился в пакете с открытым исходным кодом OpenFOAM [4] с использованием решателя *rhoPimpleFoam*. Для тестирования данного решателя было проведено сравнение результатов расчетов с данными работы. Получено хорошее количественное и качественное совпадение.

В результате параметрических исследований были получены траектории движения для пробных частиц диаметром $1e-05$, $5e-05$, $1e-04$, $5e-04$, $1e-03$. А так же рассмотрены случаи равномерного распределения частиц вдоль плоской преграды. Получено что траектории лёгких частиц совпадают с линиями тока.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации (грант № МК-761.2022.1.1).

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Кагенов А. М.

Список литературы

[1] Численное решение многомерных задач газовой динамики / Под ред. С. К. Годунова. М: Наука, 1976. 464 с.

[2] Restoration of the contact surface in the HLL-Riemann solver / E. F. Toro. Shock Wave, 1994. 724 с.
[3] SWEBY P.K. High resolution schemes using flux limiters for hyperbolic conservation laws // SIAM Journal on Numerical Analysis. 1984. N. 21. P. 995–1011.
[4] ОФИЦИАЛЬНЫЙ САЙТ. OpenFOAM. [Электронный ресурс]. URL: <https://openfoam.org/> (дата обращения 12.09.2022).