

**Неустойчивость тангенциального разрыва в задаче о взаимодействии
сверхзвукового источника со сверхзвуковым набегающим потоком газа:
проблемы численных схем Годунова и HLLC**

Научный руководитель – Измоденов Владислав Валерьевич

Потокин Николай Михайлович

Студент (специалист)

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
Механико-математический факультет, Кафедра аэромеханики и газовой динамики,
Москва, Россия

E-mail: nikolai.potokin@math.msu.ru

В работе численно исследуется структура течения при взаимодействии сверхзвукового сферически-симметричного источника со сверхзвуковым однородным набегающим потоком идеального газа. Задача рассматривается в осесимметричной постановке на основе уравнений Эйлера. При взаимодействии потоков возникает газодинамическая структура, состоящая из двух ударных волн и разделяющего эти волны тангенциального разрыва [1].

Численное решение задачи строится методом конечных объемов с пространственной реконструкцией типа MUSCL. Ключевым элементом схемы является решение задачи Римана о распаде произвольного разрыва на границах ячеек. Для вычисления численных потоков используются методы HLL, HLLC [3] и метод Годунова [2].

В отличие от HLL, обладающего повышенной численной диссипацией, схемы Годунова и HLLC восстанавливают контактную волну и обеспечивают более точное решение. Показано, что в рассматриваемой конфигурации при использовании схем HLLC и Годунова в головной области течения развивается неустойчивость контактного разрыва, проявляющаяся в росте поперечных возмущений вдоль разрыва. При этом при использовании схемы HLL неустойчивости не возникает.

В работе обсуждаются возможные методы подавления возникающей численной неустойчивости, такие как 1) поворот расчетной сетки, 2) введение искусственной вязкости [4] и 3) локальное использование метода HLL вдоль одного из направлений. Показано, что обнаруженная неустойчивость имеет ту же природу, что и известная проблема неустойчивости «карбункула», которая возникает при моделировании ударной волны. Данная проблема обсуждалась ранее в тестах типа Кёрка [5]. Данный тест был дополнительно проведен для используемых вариантов схем. Установлено, что наблюдаемая неустойчивость связана с ориентацией ударной волны и контактного разрыва относительно расчетной сетки. Полученные результаты указывают на необходимость модификации метода HLLC при расчётах задач обтекания в случаях, когда разрывы ориентированы вдоль направлений сетки.

Источники и литература

- 1) Баранов В.Б., Краснобаев К.В., Куликовский А.Г. Модель взаимодействия солнечного ветра с межзвездной средой. Докл. АН СССР, No. 194:1 (1970), С. 41–44.
- 2) Годунов С.К., Забродин А.В, Иванов М.Я., Крайко А.Н., Прокопов Г.П. Численное решение многомерных задач газовой динамики. М., 1976.
- 3) Quirk J.J. A contribution to the great Riemann solver debate. International Journal for Numerical Methods in Fluids, No. 18(6), pp. 555-574, 1994.
- 4) Rodionov A.V. Artificial viscosity in Godunov-type schemes to cure the carbuncle phenomenon. Journal of Computational Physics, No. 345, pp. 308-329, 2017.

- 5) Toro E.F. Riemann Solvers and Numerical Methods for Fluid Dynamics. Riemann Solvers and Numerical Methods for Fluid Dynamics. Springer, 1994.