

Секция «Вычислительная математика, математическое моделирование и численные методы»

Тестирование метода искусственной вязкости для подавления ударно-волновой неустойчивости при решении задачи обтекания цилиндра на сетках с разным соотношением сторон ячеек.

Научный руководитель – Колесник Елизавета Владимировна

Филатова Анастасия Викторовна

Студент (бакалавр)

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург,
Россия

E-mail: filatova3.av@edu.spbstu.ru

При численном моделировании сверхзвуковых и гиперзвуковых течений может возникнуть ударно-волновая («карбункул») неустойчивость, которая проявляется в виде нефизических возмущений, и как следствие приводит к искажению или изгибу фронта ударной волны. В настоящее время большая часть исследований в данной области проводится с целью анализа влияния различных численных аспектов на возникающую неустойчивость, а также с разработкой и тестированием методов ее подавления. Известно, что данная неустойчивость возникает на сетках, содержащих поверхности перпендикулярные фронту ударной волны, при этом большинство исследований проводится с использованием структурированных сеток [1-3]. Так же известно, что данная неустойчивость проявляется сильнее на сетке с ячейками, вытянутыми перпендикулярно фронту ударной волны [1]. Для подавления неустойчивости могут быть использованы различные подходы, одним из широко применяемых методов является метод искусственной вязкости, основанный на добавлении дополнительного слагаемого описывающего искусственную вязкость в формулы правых частей уравнений Навье-Стокса. В настоящей работе исследуется эффективность применения метода искусственной вязкости по формуле, предложенной Родионовым А. В. [2, 3] для подавления возникающей ударно-волновой неустойчивости на структурированных сетках с разным соотношением сторон ячеек. Тестирование проведено на задаче сверхзвукового невязкого обтекания цилиндра ($M=3$). Численные расчеты выполнены при помощи конечно-объемного «неструктурированного» программного кода SINF/Flag-S, разрабатываемого в СПбПУ. В рамках данной работы код SINF/Flag-S был дополнен возможностью проведения расчетов с использованием недавно предложенной модификации метода искусственной вязкости [2]. Для вычисления коэффициента искусственной вязкости используется характерный размер ячейки, который согласно [2] рассчитывается через наибольшую диагональ ячейки. Расчеты проводились на сетках с различным соотношением сторон ячеек (соотношение варьировалось от 0.25 до 4). Было показано, что на сетках с ячейками, вытянутыми перпендикулярно фронту ударной волны «карбункул» неустойчивость проявляется сильнее, чем для случая с ячейками, вытянутыми вдоль фронта ударной волны. Так же было получено, что для сетки с ячейками, вытянутыми вдоль фронта ударной волны, величина коэффициента искусственной вязкости, добавляемого в уравнения, может быть уменьшена, без потери эффективности используемого метода подавления неустойчивости, что позволяет уменьшить численную диссипацию получаемого решения.

Источники и литература

- 1) 1. Pandolfi M., D'Ambrosio D. Numerical Instabilities in Upwind Methods: Analysis and Cures for the “Carbuncle” Phenomenon, Journal of Computational Physics, volume 166, 2001, Pages 271-301.

- 2) 2. Rodionov A. V. Artificial viscosity to cure the carbuncle phenomenon: The three-dimensional case, *Journal of Computational Physics*, volume 361, 15 May 2018, Pages 50-55.
- 3) 3. Rodionov A. V. Artificial viscosity in Godunov-type schemes to cure the carbuncle phenomenon, *Journal of Computational Physics*, volume 345, 15 September 2017, Pages 308-329.