

## **Развитие комплекса программ SINF/Flag-S**

Смирнов Е.М., Колесник Е.В., Смирновский А.А., Шишкина И.А.

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ)*

Дается краткая характеристика конечно-объемного кода SINF/Flag-S, оперирующего неструктурированными сетками с ячейками произвольной геометрии.

Представляются реализованные в 2019-2020 гг. численные методы для расчета сверх-, и гиперзвуковых течений совершенного газа со скачками уплотнения. В частности, в модуле расчета конвективных потоков на грани расчетной ячейки в дополнение к имевшимся ранее в коде схемам, основанным на решении задачи Римана (схемы Роу, HLL, HLLC, схема Годунова), реализовано несколько схем расщепления векторов потоков из семейства AUSM (AUSM+, AUSM+up, AUSMD, SLAU). Номинально второй порядок точности схем достигается посредством применения MUSCL подхода к реконструкции переменных на гранях конечного объема с использованием ограничителей. Освещаются результаты тестирования реализованных схем. Рассматриваются также вопросы применения методов подавления возникающей при численном решении гиперзвуковых течений ударно-волновой («карбункул») неустойчивости. Представляются результаты тестирования нескольких реализованных в коде SINF/Flag-S схем и методов подавления неустойчивости на задаче гиперзвукового обтекания цилиндра в двумерной и трехмерной постановках.

Освещаются вопросы реализации в коде метода расчета двух- и трехмерных течений на деформируемых (движущихся) сетках с неизменной топологией. Представляются результаты тестирования метода. На задаче о течении в каверне с движущейся крышкой рассматриваются вопросы влияния динамической деформации расчетной сетки на точность решения. Приводятся результаты тестовых расчетов для случая вынужденных колебаний кругового цилиндра, обтекаемого потоком несжимаемой жидкости.