

## **HyCFSR: расчетный код для численного моделирования неравновесных химически реагирующих течений газа на гибридных ГПУ/ЦПУ архитектурах**

*А.Н. Кудрявцев, А.В. Каишковский, С.П. Борисов, Г.В. Шоев, А.Ю. Шевырин, Ю.В. Кратова, Д.В. Хотяновский, А.А. Шеринёв*

Разреженные высокоэнтальпийные течения характеризуются сильным термическим и химическим неравновесием, поэтому корректного описания подобных течений обычно используются достаточно сложные и требовательные к вычислительным ресурсам физико-химические модели. В результате, решение практических задач, таких как численное моделирование течений около спускаемого космического аппарата, является чрезвычайно затратным в вычислительном плане. Одним из перспективных подходов к увеличению вычислительной эффективности является использование различных сопроцессоров, таких как графические процессорные устройства или сопроцессоры Intel Xeon Phi.

В работе представлено развитие расчетного кода HyCFS-R для моделирования неравновесных химически реагирующих течений на гибридных вычислительных системах с различной архитектурой. Уравнения газовой динамики для многокомпонентной химически реагирующей смеси решаются с помощью TVD схем сквозного счета, сформулированных в общих криволинейных координатах. Обмен между различными модами внутренней энергии описывается либо на основе уравнения Ландау-Теллера, либо на основе модели Кустовой-Облапенко, полученной строгими методами кинетической теории газов. Спектр колебательной энергии дается моделью гармонического осциллятора. Скорость химических реакций рассчитывается либо с помощью феноменологической модели Парка, либо с помощью одной из теоретически обоснованных моделей (модель Кузнецова, модель Мачерета-Фридмана и др.).