

Квазигомогенная форма системы четырех уравнений динамики гетерогенных смесей газов и жидкостей, ее регуляризация и применение

Системы уравнений динамики гетерогенных смесей наряду с плотностями компонент содержат их объемные концентрации, и количество дифференциальных уравнений в них меньше количества основных искомым функций – существенны также алгебраические соотношения. Это усложняет общую структуру систем уравнений и создает определенные трудности при построении и анализе численных методов их решения. К ним относится и так называемая система четырех уравнений бинарных смесей с общими скоростью, температурой и давлением компонент смеси, записываемая четырьмя уравнениями баланса массы компонент, а также полного импульса и полной энергии смеси в консервативной форме.

Для такой системы S. Le Martelot, R. Saurel, B. Nkonga в 2014 г. предложили и успешно применили подход, позволивший для бинарных смесей "сжатых" газов ("stiffened gas"), в том числе совершенного политропного газа и жидкости, перейти к эквивалентной системе четырех уравнений, в которой неизвестными являются только альтернативные плотности компонент, их общая скорость и температура, а объемные концентрации исключены. Такая система уравнений по форме близка к более простой системе уравнений гомогенных смесей газов и ее естественно назвать *квазигомогенной*. Несколько позже подход был развит на случай более общих уравнений состояния "сжатых" газов Ноубла-Абея.

Доклад посвящен данному подходу. Представлены новые результаты в его исследовании, включая простые формулы для скорости звука и уравнение для давления смеси. Выполнена также квазигазодинамическая (КГД) регуляризация квазигомогенной системы уравнений. Представлена основанная на ней явная двухслойная по времени и симметричная консервативная по пространству разностная схема без лимитеров. С ее помощью реализованы численные эксперименты, которые в рамках более простых КГД постановок успешными не были. КГД регуляризация развита также для модели с фазовым переходом вода-пар в пределе мгновенной релаксации к термодинамическому равновесию между компонентами и даны результаты ее применения. Результаты доклада в основном представлены в работах [1-3].

Работа выполнена при финансовой поддержке Московского центра фундаментальной и прикладной математики по соглашению с Минобрнауки РФ, проект 075-15-2022-283.

Литература

1. A. Zlotnik, T. Lomonosov. On a doubly reduced model for dynamics of heterogeneous mixtures of stiffened gases, its regularizations and their implementations // Chaos. 2023. Vol. 33. No. 11. Article 113128.
2. А.А. Злотник, Т.А. Ломоносов. Регуляризованные уравнения динамики гетерогенных бинарных смесей "сжатых" газов Ноубла-Абея и их применение // ДАН. Матем., информ., проц. управл. 2023. Т. 514. № 1. С. 26-33.
3. А.А. Злотник, Т.А. Ломоносов. Применение регуляризованных уравнений динамики гетерогенных бинарных смесей для моделирования фазовых переходов вода-пар // Матем. моделирование. 2024. Сдано в печать