

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ СКОЛЬЖЕНИЯ В СЛУЧАЕ СИЛЬНОНЕРАВНОВЕСНЫХ СМЕСЕЙ И ГЕТЕРОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Л.А. Шакурова^{1,2}, Е.В. Кустова^{1,2}

¹*СПбГУ, 199034, Санкт-Петербург, Российская Федерация*

²*ФИЦ ИУ РАН, 119333, Москва, Российская Федерация*

liya.shakurova.27@gmail.com

При рассмотрении задач о течении газовых смесей вблизи твердых стенок взаимодействие между частицами газа и прилегающей поверхностью становится доминирующим по сравнению со столкновениями частиц в газовой фазе. С увеличением степени разрежения характер течений становится сильнонеравновесным, и возникает проблема применимости континуального подхода. Как следствие, появляется необходимость отдельно находить решение задачи о динамике газа в слое Кнудсена около поверхности тела методами молекулярной динамики или DSMC. Избежать этого, оставаясь в рамках континуального приближения, возможно с помощью постановки граничных условий скольжения на внешней границе слоя.

В недавней работе авторов строгими методами кинетической теории был разработан теоретический подход к получению условий для сильнонеравновесных течений смесей с учетом поуровневой кинетики [1]. Преимуществами метода являются возможность легко получать условия для различных ядер рассеяния, а также запись условий в виде функций лишь от физически значимых параметров и коэффициентов процессов. При дополнительных упрощениях и в случае ядра рассеяния Максвелла полученные в рамках поуровневого подхода выражения сводятся к известным однотемпературным [2]. Тем не менее, полученные условия для числовых плотностей компонентов смеси и заселенностей колебательных уровней не могут корректно описывать вклад процессов образования и исчезновения частиц на поверхности. Такая же проблема присутствует и в других известных моделях условий скольжения, полученных теоретическим путем. Поэтому был предложен новый подход к получению граничных условий, позволяющий преодолеть указанную проблему и получить после дополнительных упрощений граничные условия для числовых плотностей в виде, аналогичном некоторым феноменологическим моделям [3,4]. В данной работе построенные модели граничных условий реализуются для различных ядер рассеяния, исследуется их влияние на скачки макропараметров на границе слоя.

Работа выполнена при поддержке РФФ (грант № 22-11-00078).

Список источников

1. Shakurova L., Kustova E. State-specific boundary conditions for nonequilibrium gas flows in slip regime // Phys. Rev. E. 2022. Vol. 105. Art. 034126.
2. Gupta R., Scott C. and Moss J. Slip-boundary equations for multicomponent nonequilibrium airflow // NASA Technical Paper. 1985. Art. 85820.
3. Armenise I., Capitelli M., Gorse C., Cacciatore M. and Rutigliano M. Nonequilibrium vibrational kinetics of an O₂/O mixture hitting a catalytic surface // J. Spacecraft Rockets. 2000. Vol. 37(3), pp. 318–323.
4. Kovalev V., Kolesnikov A. Experimental and theoretical simulation of heterogeneous catalysis in aerothermochemistry (a review) // Fluid Dynamics. 2005. Vol. 40, pp. 669–693