

Влияние энтальпии потока на отрыв и теплообмен в окрестности трехмерного выступа в гиперзвуковом потоке

А.В. Лепихов

В окрестности элемента, выступающего в гиперзвуковой поток, возникает сложное пространственное течение, характеризующееся появлением локальных зон высоких давлений и тепловых потоков.

Экспериментальные исследования в аэродинамических трубах позволили схематизировать течение в отрывных зонах перед уступом и разработать эмпирические зависимости для оценки максимальных тепловых потоков на поверхности трехмерного выступа. Однако величины давления и энтальпии потока, создаваемые при наземных испытаниях, существенно отличаются от тех, что реализуются в полете.

В данной работе поставлена задача определения возможности переноса результатов наземных испытаний на условия реального полета гиперзвукового летательного аппарата в воздушной атмосфере.

В качестве базы для исследования выбраны экспериментальные данные, опубликованные в работе [1]. Полученные данные анализируются методом численного моделирования с использованием модели идеального газа и равновесного воздуха [2]. На втором этапе выполняется численное моделирование для той же геометрической модели и числа Маха, однако энтальпия потока и давление соответствуют условиям реального полета. На данном этапе используется модель идеального газа, равновесного и неравновесного воздуха [3]. Выполняется анализ картины обтекания выступа, реализующейся в наземных испытаниях и условиях реального полета. Выполняется сравнение тепловых потоков, полученных моделированием с прогнозом, получаемым по известным эмпирическим формулам.

[1] Estruch-Samper D. Reattachment heating upstream of short compression ramps in hypersonic flow // Experiments in Fluids, Vol. 57, Issue 5. 2016, DOI 10.1007/s00348-016-2177-x

[2] Gupta R.N., Lee K.-P., Thompson R.A., Yos J.M. Calculations and Curve Fits of Thermodynamic and Transport Properties for Equilibrium Air to 30 000 K // NASA-RP-1260. October 1991.

[3] Gupta R.N., Lee K.-P., Thompson R.A., Yos J.M. A Review of Reaction Rates and Thermodynamic and Transport Properties for an 11-Species Air Model for Chemical and Thermal Nonequilibrium Calculations to 30 000 K // NASA Reference publication 1232. 1990.