

Численное моделирование гиперзвукового течения высокоэнтальпийного газа

КИРИЛОВСКИЙ Станислав Викторович

Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН (Новосибирск)
e-mail: kirilov@itam.nsc.ru

ПОПЛАВСКАЯ Татьяна Владимировна

Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН (Новосибирск)

Аннотация

В данной работе рассмотрена возможность применения пакета ANSYS FLUENT для задач воздействия акустических волн на гиперзвуковой вязкий ударный слой, образующийся при полёте летательных аппаратов в верхних слоях атмосферы. При высоких скоростях и температурах, сопутствующих таким полетам, в газе вокруг аппарата возникают различного рода явления (возбуждение и неравновесность степеней свободы молекул, диссоциация, ионизация молекул). При низких температурах колебательные степени свободы заморожены, а поступательные и вращательные находятся в равновесии. В этом случае теплоёмкость газа постоянна $c_p = \text{const}$ и такой газ называют калорически совершенным [1]. При увеличении температуры происходит возбуждение колебательных степеней свободы молекул газа. Теплоёмкость такого термически совершенного газа не постоянна и является функцией от температуры $c_p = f(T)$. Изменения физических характеристик газа с увеличением температуры называются высокотемпературными эффектами или эффектами реального газа, которые оказывают существенное воздействие на среднее течение вокруг летательного аппарата и на восприимчивость ударного слоя.

Данная работа посвящена численному моделированию влияния внутренних сте-

пеней свободы молекул газа на среднее течение и развитие возмущений в гиперзвуковом ударном слое на пластине с острой передней кромкой. Численное исследование проведено с помощью пакета ANSYS Fluent.

Рассматривается обтекание пластины длиной $L=0.2\text{м}$ ($Re_1 \sim 7 \times 10^5$), расположенной под углом атаки 10.2° , потоками гиперзвукового ($M > 6$) калорически и термически совершенного газа при высоких температурах торможения (до 3000К). Сравнение характеристик ударного слоя при обтекании пластины воздухом, углекислым газом CO_2 и их смесями при одинаковых условиях показало, что возбуждение колебательных степеней свободы молекул углекислого газа существенно влияет на положение УВ. Также выполнено численное исследование взаимодействия вязкого ударного слоя на пластине с акустическими возмущениями медленной моды. Получено, что амплитуда пульсаций давления на поверхности пластины для CO_2 существенно больше, чем для воздуха и смесей воздуха и CO_2 . В работе проведено сравнение расчётных данных (положение УВ, пульсации давления на поверхности) с результатами, полученными в высокоэнтальпийной аэродинамической трубе ИТ-302 ИТ-ПМ СО РАН.

Степень возбуждения колебательных степеней свободы молекул зависит от температуры газа. Поэтому в работе проведе-

но численное исследование влияния температуры торможения (1200-4000К) на среднее течение и характеристики пульсаций потока в ударном слое на пластине, обтекаемой углекислым газом.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты 12-08-00435).

[1] Anderson J.D. Hypersonic and high temperature gas dynamics. 1989. 702pp.