

УДК 533.924

## **Численное моделирование течений реального газа в высокоэнтальпийной аэродинамической трубе**

А.В. Ледовский<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Центральный аэрогидродинамический институт им. проф. Н.Е. Жуковского

<sup>2</sup> Московский физико-технический институт (государственный университет)

При гиперзвуковых скоростях температура в критической точке может достигать таких значений, что модель совершенного газа оказывается неприменима, и поэтому необходимо учитывать физико-химические процессы, такие как возбуждение колебательных степеней свободы молекул, диссоциация и ионизация. Эти процессы оказывают существенное влияние на характер обтекания и нагрев летательных аппаратов при больших скоростях полета. Для экспериментального моделирования гиперзвуковых течений используются высокоэнтальпийные аэродинамические установки. Одной из таких установок является вакуумная аэродинамическая труба ВАТ-104 ЦАГИ, в которой используется высокочастотный индукционный подогреватель с температурой в форкамере до 8000 К и давлением до 0.5 атмосфер. Экспериментальное исследование локальных характеристик течения в рабочей части ВАТ-104 представляет большие трудности, и поэтому актуальной является задача численного моделирования физико-химических процессов в тракте аэродинамической установки. Данная работа является продолжением ряда работ по численному исследованию течения в ВАТ-104 [1-2]. Программный код HSFlow, который используется в НИО-8 ЦАГИ, был модернизирован для выполнения расчетов гиперзвуковых течений воздуха с использованием модели химически неравновесной смеси из 11 компонент:  $N_2$ ,  $O_2$ ,  $O$ ,  $N$ ,  $NO$ ,  $N_2^+$ ,  $O_2^+$ ,  $O^+$ ,  $N^+$ ,  $NO^+$ ,  $e^-$ . Учитываются возбуждение колебательных степеней свободы молекул, реакции диссоциации и ионизации. Предполагается, что колебательные и поступательная температуры находятся в равновесии. Получены поля течений и концентрации компонент в сопле и рабочей части ВАТ-104. Выполнено моделирование обтекания простейших тестовых моделей в рабочей части.

## Литература

1. *Егоров И.В., Жестков Б.Е., Иванов Д.В.* Моделирование химически неравновесных течений в соплах // Ученые записки ЦАГИ. 1998. Т.29, №1-2, с.95-111.
2. *Башкин В.А., Егоров И.В., Жестков Б.Е., Шведченко В.В.* Численное исследование поля течения и теплообмена в тракте высокотемпературной аэродинамической установки. // Теплофизика высоких температур. 2008. т.46. №5. С.771–783.