

**Численное моделирование неравновесных физико-химических процессов при гиперзвуковых скоростях**

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 больших гиперзвуковых скоростях полета в критической точке температура может достигать значений, при которых модель совершенного газа оказывается неприменимой. При больших температурах в воздухе начинаются различные физико-химические процессы: возбуждение колебательных степеней свободы, диссоциация, ионизация и другие [1]. Эти процессы оказывают значительное влияние на аэродинамику и нагрев гиперзвуковых летательных аппаратов.

Численное моделирование выполнялось с помощью программы HSFlow, которая используется в НИО-8 ЦАГИ для расчета высокоскоростных течений. В программу была добавлена возможность учета возбуждения колебательных степеней свободы и расчет 17 реакций диссоциации по модели физико-химической кинетики Парка [2] для воздуха, состоящего из 5 компонент: N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, O, N, NO. Было проведено тестирование и сравнение с опубликованными экспериментальными и расчетными данными [3]. Также было выполнено численное моделирование обтекания спускаемого аппарата ДМ-18 проекта «ЭкзоМарс» для условий эксперимента в аэродинамической трубе Т-117 ЦАГИ. Проведено сравнение с расчетами по модели совершенного газа.

Литература

1. *Bertin J.J.* Hypersonic aerothermodynamics. – AIAA, 1994. – 608 p.
2. *Park C.* Nonequilibrium hypersonic aerothermodynamics. – Wiley-Interscience, 1990. – 358 p.
3. *Суржиков С.Т.* Расчетное исследование аэротермодинамики гиперзвукового обтекания затупленных тел на примере анализа экспериментальных данных. – М.: ИПМех РАН, 2011. – 192 с.