

Особенности численного моделирования тепловой защиты гиперзвукового летательного аппарата

*Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф.Устинова,
Санкт-Петербург, Россия
E-mail: amara96@mail.ru¹, ir-vikhr@yandex.ru²*

В последние десятилетия активно развиваются авиационные технологии, направленные на создание летательных аппаратов способных развивать скорости, намного превышающие скорость звука. Летательные аппараты, работающие в крейсерском режиме на скоростях, характеризующихся числами Маха больше 4, называются гиперзвуковыми летательными аппаратами (ГЛА). Характеристики движения тел с такими скоростями значительно отличаются от полета современных сверхзвуковых летательных аппаратов, в связи с чем, классические вопросы аэродинамики сверхзвуковых самолетов необходимо адаптировать на новые условия полёта. В частности, при разработке ГЛА необходимо учитывать уже на ранних стадиях проектирования специфические аэродинамические и теплофизические особенности, например, высокие температуры поверхности ГЛА.

Для выбора способа эффективной тепловой защиты ГЛА необходимо создать полную математическую модель процессов теплообмена на выбранной высоте полёта. В условиях движения в разреженной атмосфере (на больших высотах) необходимо оценить возможность применения модели сплошности среды и системы уравнений Навье-Стокса. В сжатом и пограничном слоях при обтекании тела гиперзвуковым потоком газ становится химически активным, происходят реакции диссоциации: газ перестает подчиняться законам термодинамики идеального газа и считается реальным химически активным, многокомпонентным. Состав воздуха, и его свойства, меняются с изменением температуры, что необходимо учитывать при движении высокоскоростного объекта в плотных слоях атмосферы. Наиболее популярные в расчетных алгоритмах (в зависимости от температуры) следующие модели воздуха: пятикомпонентная, семикомпонентная и одиннадцатикомпонентная смесь; существуют и более точные модели, применяемые в случае больших чисел Маха. Высокие температуры поверхности ГЛА и потока газа обуславливают необходимость учета лучистого теплообмена. Таким образом, теплообмен интенсифицируется между многокомпонентным химически активным потоком и поверхностью тела (сопряжённая задача).

Вся сложность описания, создания математической модели и алгоритма расчёта физико-химических процессов, характеризующих обтекание ГЛА, проецируется на задачу моделирования тепловой защиты и, соответственно, получения температурных полей стенок летательного аппарата. Методы тепловой защиты ГЛА можно проклассифицировать на активные и пассивные. Активные методы тепловой защиты включают в себя: заградительное охлаждение, пленочное охлаждение, пористое охлаждение и конвективное охлаждение. Пассивные методы тепловой защиты заключаются в: радиационном охлаждении, теплопоглощающей конструкции и абляционном покрытии.

В работе рассмотрены особенности построения математической модели для гиперзвукового движения тел в плотных слоях атмосферы (высота полёта 30 км) и методов тепловой защиты. Приведены результаты численного моделирования гиперзвукового обтекания тела, проведен анализ численных результатов.

Список используемой литературы:

1. Карпенко А.Г., Волков К.Н., Емельянов В.Н. Численное моделирование гиперзвуковых течений воздуха с использованием графических процессоров. Материалы XX Юбилейной международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС2017),

- 24-31 мая 2017 г., Алушта. – М.: Изд-во МАИ, 2017.
2. Ковалев В.Л. Гетерогенные каталитические процессы в неравновесной аэротермодинамике. М.: Физматлит, 2002.
 3. Лунев В.В. Течения реальных газов с большими скоростями. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007.
 4. Тирский Г.А., Сахаров В.И., Ковалев В.Л. и др. Гиперзвуковая аэродинамика и тепломассообмен спускаемых космических аппаратов и планетных зондов. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. - 548 с. ISBN 978-5-9221-1322-9.