

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЕГУЛЯРИЗОВАННЫХ УРАВНЕНИЙ В РАСЧЕТАХ ЗАДАЧ ГИПЕРЗВУКОВОГО ОБТЕКАНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Широков Иван Анатольевич

Младший научный сотрудник

Факультет ВМК МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: ivanshirokov@inbox.ru

Представлены результаты, полученные при расчетах обтекания гиперзвуковых летательных аппаратов Х-43 и Х-51 [1] потоком воздуха при условиях реального полета. Расчеты течения впервые для задач такого рода производятся с использованием квазигазодинамических (КГД) уравнений. В [2] было показано, что численный алгоритм, основанный на КГД уравнениях, позволяет моделировать турбулентные течения без привлечения дополнительных моделей турбулентности, таких, как алгебраические модели или модели LES.

КГД система уравнений отличается от системы уравнений НС наличием дополнительных КГД слагаемых, пропорциональных малому параметру размерности времени. КГД слагаемые обеспечивают дополнительную диссипацию, присущую этой системе по сравнению с системой уравнений НС. Указанные слагаемые являются сильно нелинейными и имеют вид вторых пространственных производных от параметров течения: скорости, плотности и давления. В результате появляется возможность использовать пространственные аппроксимации системы с помощью центральных разностей с сохранением условия устойчивости Куранта для явной по времени разностной схемы.

В представленной работе алгоритм, построенный на основе КГД системы, позволил получить адекватную структуру течения при обтекании модели сверхзвуковым потоком вязкого газа и получить интегральные аэродинамические характеристики. Для численного моделирования использовался программный комплекс, позволяющий проводить расчеты нестационарных вязких газодинамических течений для тел произвольной формы с использованием тетраэдральных неструктурированных пространственных сеток [3]. Программный комплекс позволяет задавать произвольный угол атаки, определять распределения аэродинамических характеристик по поверхности модели и вычислять силы, действующие на модель. Получены значения аэродинамических коэффициентов сопротивления и подъемной силы.

Работа поддержана грантом РФФИ 16-01-00048.

Литература

1. Железнякова А. Л., Суржиков С. Т. На пути к созданию модели виртуального ГЛА. I. –М.: ИПМех РАН, 2013.
2. Елизарова Т. Г., Широков И. А. Регуляризованные уравнения и примеры их использования при моделировании газодинамических течений. МАКС Пресс, Москва, 2017.
3. Поляков С. В., Кудряшова Т. А., Свердлин А. А. Расчет параметров течения газа вокруг спускаемого аппарата. Матем. моделирование. 2008. Т. 20, № 7. С. 13–22.