

СОЧЕТАНИЕ ЧИСЛЕННЫХ И АНАЛИТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ТЕЛ С ПРОТОКАМИ ПРИ СВЕРХЗВУКОВЫХ СКОРОСТЯХ ОБТЕКАНИЯ.

Н.В. Воеводенко, А.А. Губанов (ЦАГИ)

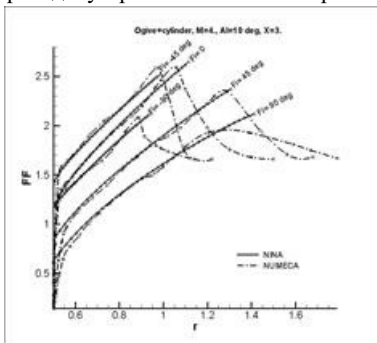
Одним из наиболее важных вопросов при создании высокоскоростных ЛА является эффективная интеграция корпуса и двигателя, то есть выбор такого расположения двигателя в компоновке ЛА и таких форм элементов планера и силовой установки, которые обеспечивают лучшие характеристики двигателя и ЛА в целом. Для проведения исследований по улучшению аэродинамической компоновки необходим эффективный, устойчивый, быстрый и информативный расчётный инструмент. Сочетание классических аналитических методов и подходов с численными методами зачастую позволяет не только упростить задачу определения рациональных форм ЛА, сократить объем вычислений и работу вычислителя, но и сделать более понятной физику исследуемых течений и полученные результаты.

В данной работе представлены примеры удачных сочетаний численных методов с классическим теоретическим подходами и решениями, которые позволили создать эффективные инструменты для проведения быстрых расчетных исследований компоновок ЛА с воздухозаборными устройствами.

Первым примером является сочетание Гиперзвуковой Теории Малых Возмущений (ГТМВ, другие названия: закон плоских сечений, нестационарная аналогия; в зарубежной литературе: теория Хейза – Hayes's Theory) и теории В.В. Сычева (для больших углов атаки) с численным методом Годунова-Колгана. Использование ГТМВ редуцирует задачу трехмерного обтекания к двумерной нестационарной и делает основанный на ней пакет программ более быстрым и устойчивым. Базовая теория является асимптотической, но на практике было

показано, что область применимости данного метода является достаточно широкой: $2 \leq M_\infty \leq 10, |\alpha| < 180^\circ$. Данная методология и программа NINA (Numerical Investigations of Nonlinear Aerodynamics), основанная на ней, позволяет выполнять быстрые и эффективные расчеты, предоставляющие данные, достаточные для решения поставленной задачи. Расчет одного режима для одной конфигурации требует около 1 мин. на обычном персональном компьютере, что делает возможным поиск оптимального решения в широком диапазоне параметров. Описанный выше численный метод дополнен методикой расчета характеристик ЛА с воздухозаборными устройствами, которая основана на классической теореме импульсов и широко применяется на практике в российских исследовательских и конструкторских организациях. Результаты, полученные с помощью пакета программ NINA, сравниваются с экспериментальными данными и с результатами расчета с помощью RANS-кода NUMECA. Сравнение результатов различных методов позволяет сделать вывод о возможности их применения для рассматриваемых задач.

С помощью описанных выше методов были выполнены расчеты обтекания осесимметричного тела с двумя квадратными в поперечном сечении воздухозаборниками, расположенными под выступающими вперед прямоугольными пластинами, ориентированными перпендикулярно к местным поперечным сечениям потока, с целью определить наилучшее расположение воздухозаборных устройств.



Вторым примером эффективного сочетания численных и аналитических методов является использование корректирующих формул для быстрой предварительной оценки значений коэффициента расхода на входе в воздухозаборник, расположенный под пластиной, в некотором неравномерном поле течения, созданном другим телом. Корректировка параметров осуществляется с помощью соотношений на косом скачке уплотнения, создаваемом пластинкой.

Методика корректировки параметров становится наиболее эффективной, когда она применяется для пересчета результатов, полученных с помощью методов, требующих больших затрат машинного времени. Корректировка параметров была применена к данным кода NUMECA и NINA. Результаты показаны на фиг. 1.

Фиг. 1 Местный коэффициент расхода FF, полученный путем корректировки результатов NINA и NUMECA.