

ИЗМЕНЕНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ И ТЕПЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ПРИ НАЛИЧИИ В ЕГО ОКРЕСТНОСТИ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Я.В. Ханхасаева

ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, г.Москва

hanhyana@mail.ru

Одним из способов улучшения аэродинамических характеристик перспективных летательных аппаратов (ЛА) является управляемое воздействие на набегающий поток, которое может быть осуществлено различными способами, в частности, при помощи локализованного в небольшом замкнутом объеме подвода энергии [1].

За область энерговклада формируется тепловой след с пониженными значениями чисел Маха, полного давления и скоростного напора, благодаря которому изменяется режим обтекания тела. В зависимости от размеров области энерговклада имеют место различные режимы обтекания ЛА. Наиболее эффективным является энерговложение в малую по сравнению с размерами обтекаемого тела область, поскольку в этом случае ударно-волновая структура перед телом перестраивается таким образом, что его сопротивление существенно снижается [1–3]. При этом сэкономленная за счет снижения сопротивления мощность двигателя превышает затраты на энерговложение.

В данной работе в трехмерной постановке численно исследовано влияние вложения энергии в различные области потока на сверхзвуковое ($M=2.5$) обтекание ЛА сложной формы и структуру течения. Используется математическая модель нестационарных осредненных по Фавру и Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса (URANS), включающая источник энергии и дополненная моделью турбулентности SA Спаларта-Аллмараса [4].

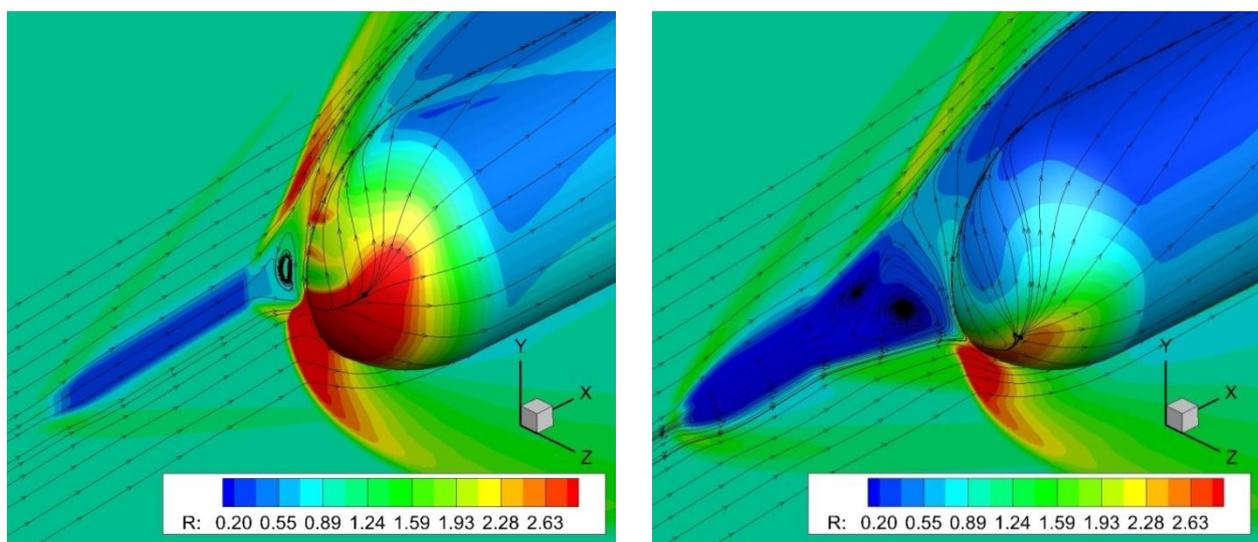


Рис. 1. Распределение плотности с линиями тока, $\alpha=5^\circ$, режимы течения при различных значениях мощности источника.

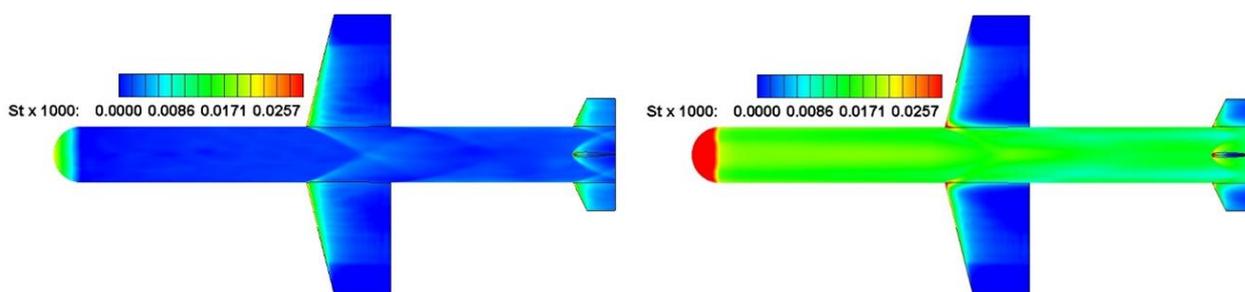


Рис. 2. Распределение числа Стэнтона, $\alpha=0^\circ$, невозмущенный поток (слева), с энергированием перед носом модели (справа).

Таблица 1: Снижение сопротивления и увеличение подъемной силы при энергировании перед носом модели для различных углов атаки.

	$\alpha=0^\circ$	$\alpha=3^\circ$	$\alpha=5^\circ$
$\Delta C_x/C_{x0}$	-33.45%	-24.74%	-17.78%
$\Delta C_y/C_{y0}$	–	+2.63%	+3.38%

Определено влияние угла атаки, параметров и расположения источника энергии на аэродинамические характеристики ЛА, а также тепловые потоки к его поверхности. Выявлены рациональные варианты параметров энергоисточника с точки зрения энергоэффективности, снижения сопротивления и аэродинамического качества.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 22-11-00126.

Список литературы:

1. Георгиевский П.Ю., Левин В.А. Управление обтеканием различных тел с помощью локализованного подвода энергии в сверхзвуковой набегающий поток // Изв. РАН. МЖГ. 2003. № 5. С. 154-167.
2. Гувернюк С.В., Савинов К.Г. Отрывные изобарические структуры в сверхзвуковых потоках с локализованной неоднородностью // Доклады Российской академии наук. 2007. Т. 413. № 2. С. 188-192.
3. Ханхасаева Я.В. Влияние вложения энергии на аэродинамические характеристики и тепловые потоки при трёхмерном обтекании модели летательного аппарата сложной формы // Математическое моделирование. 2023. Т. 35. № 2. С. 105–125.
4. Allmaras S.R., Johnson F.T., Spalart P.R. Modifications and Clarifications for the Implementation of the Spalart-Allmaras Turbulence Model // Seventh International Conference on CFD (ICCFD7), Big Island, Hawaii, 9–13 July 2012.