

Аэродинамика летательных аппаратов

УДК 629.762.2

Елисов Н.А., Ишков С.А., Шахов В.Г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИПЕРЗВУКОВЫХ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОФИЛЕЙ С РАЗНЫМИ РАДИУСАМИ ЗАТУПЛЕНИЯ

В настоящее время активно ведутся исследования и создание гиперзвуковых летательных аппаратов такими странами, как Россия, США и Китай. Как известно, одним из критериев успешного создания гиперзвукового летательного аппарата является значение аэродинамического качества от 1,5 и выше на гиперзвуковых режимах полета. Такое качество позволяет преодолевать значительные расстояния при планировании [1]. Одним из способов повышения аэродинамического качества является использование гиперзвуковых профилей клиновидной формы. Данные профили имеют заостренные кромки, которые существенно снижают волновое сопротивление по сравнению с классическими профилями. Стоит отметить, что на гиперзвуковых скоростях передние острые кромки оплавляются, создавая тем самым затупление.

В работе исследуется влияние радиуса затупления гиперзвуковых профилей на их аэродинамические характеристики.

Рассматривается гиперзвуковой аэродинамический профиль, внешний вид которого представлен на рис. 1.

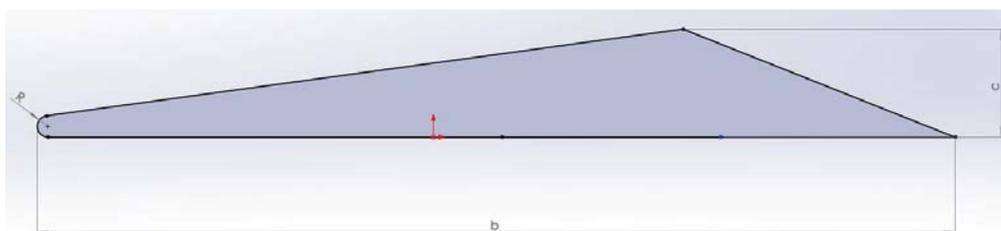


Рис. 1. Исследуемый аэродинамический профиль:

b – хорда крыла, равная 1 м; c – относительная толщина, равная 12%;
 r – радиус затупления.

Для исследования влияния радиуса затупления на аэродинамические характеристики профиля введем понятие относительного радиуса затупления, которое представляет собой отношение радиуса затупления к относительной толщине. Исследуются следующие относительные радиусы затупления: 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% и 50%.

Расчет выполнен для числа Маха 25 на высоте 40 км. Исходные параметры (давление, температура и динамическая вязкость) приняты в соответствии с [2].

Аэродинамический расчет инженерными средствами для таких чисел Маха является довольно сложной задачей, поэтому используются методы вычислительной гидродинамики [3]. Построение конечно-элементной модели проводилось средствами ICEM CFD с использованием блочной структуры. Данный способ позволяет создать гексагональную конечно-элементную модель, которая значительно повышает точность расчета по сравнению с тетраэдральной сеткой. Расчетная область имеет параболическую форму, которая позволяет значительно уменьшить количество элементов. Рассматривается плоская задача. Конечно-элементная модель представлена на рис. 2.

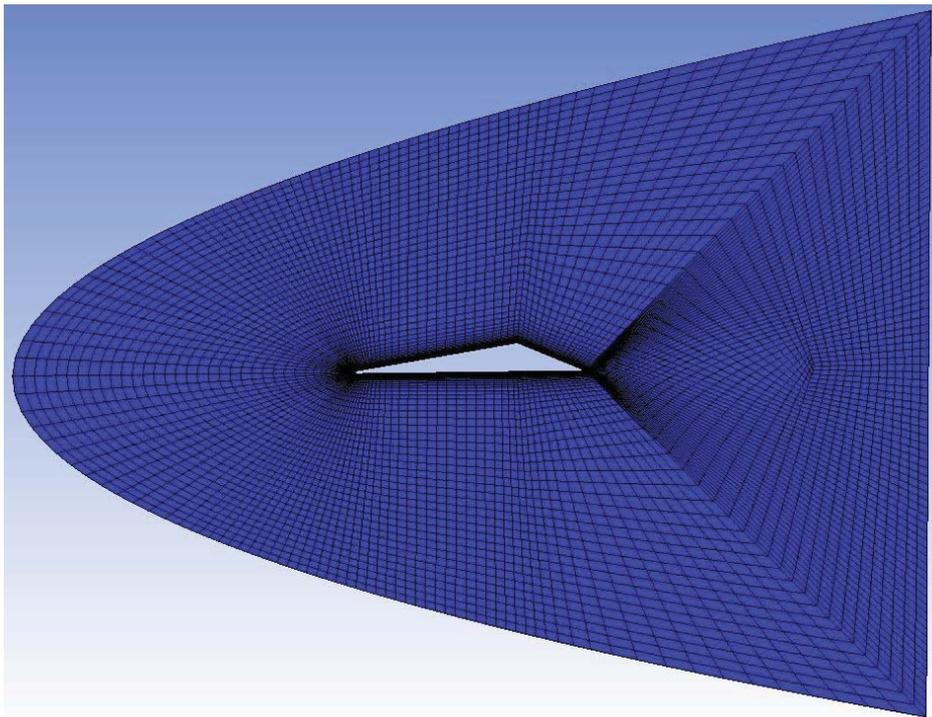


Рис. 2. Конечно-элементная модель

Расчет производится с помощью CFD пакета Ansys Fluent [4]. Так как течение является турбулентным, то используется модель турбулентности $k-\omega$ SST [5]. Результаты расчета приведены на рис. 3.

Как видно из рис. 3, при увеличении радиуса закругления максимальное аэродинамическое качество сдвигается к значению угла атаки 20° , что соответствует дозвуковым профилям (NACA 0012, NACA 23012). При этом для гиперзвуковых профилей характерно максимальное качество для углов атаки $\approx 12^\circ$. Таким образом, гиперзвуковыми профилями можно считать профили, у которых отношения радиуса закругления к его толщине составляет меньше 15%.

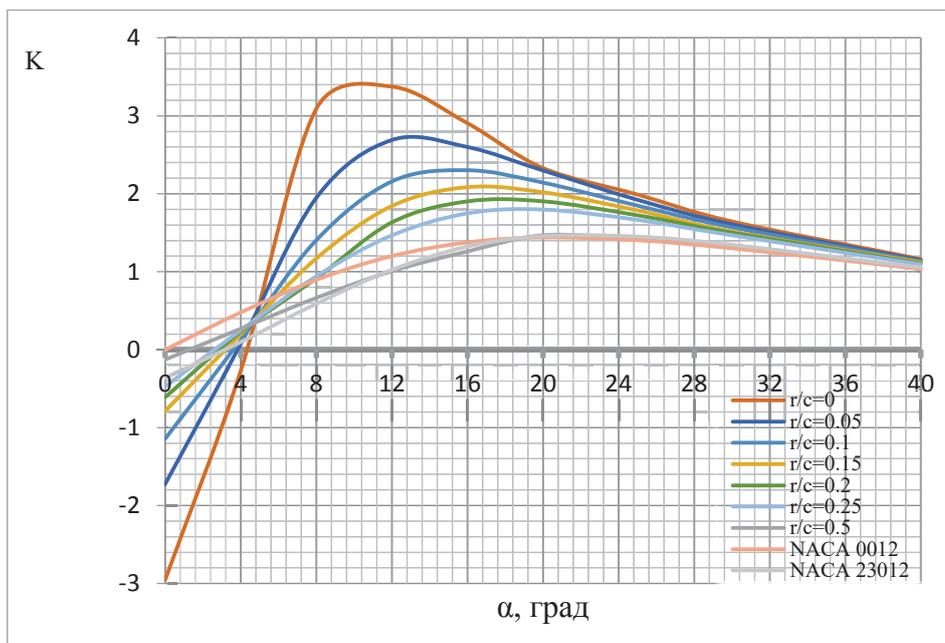


Рис. 3. Зависимость аэродинамического качества от угла атаки

В работе рассмотрены гиперзвуковые аэродинамические профили с разными радиусами закругления. По результатам аэродинамических расчетов выявлено отличие между дозвуковыми и гиперзвуковыми профилями. Для дозвуковых профилей максимальное аэродинамическое качество соответствует углу атаки, равному 20° . Для гиперзвуковых профилей (относительный радиус закругления которых составляет меньше 15%) максимальное значение аэродинамического качества имеет место при 12° .

Библиографический список

1. Егер С.М. Проектирование самолетов [Текст] / С.М. Егер, В.Ф. Мишин, Н.К. Лисейцев – М.: Машиностроение, 1983. – 616 с.
2. ГОСТ 4401-81. Атмосфера стандартная. [Текст] – М.: ИПК Издательство стандартов, 1981. – 180 с.
3. Роуч П. Вычислительная гидродинамика. [Текст] / П. Роуч. – М.: Мир, 1980. – 618 с.
4. ANSYS, ANSYS Fluent Theory Guide-release 12.0, [Текст] / ANSYS Inc, Canonsburg, 2009.
5. Menter F.R., Two-equation eddy-viscosity turbulence models for engineering applications [Текст] / F.R. Menter. – AIAA Journal, vol. 32, no 8. pp. 1598-1605.