

УДК 533.6.011.5

© 1999 г. Г.И. МАЙКАПАР

## ВОЛНОЛЕТЫ БОЛЬШОГО ОБЪЕМА

Проведено сравнение аэродинамического качества затупленных и острых полуконусов с пластинами-крыльями при одинаковых объемах и длинах. Качество первых по сравнению со вторыми тем больше, чем больше относительный объем (меньше длина).

В большинстве исследований волнолетов применяются поверхности тока за плоскими и коническими скачками уплотнения. Известно, однако, что волновое сопротивление осесимметричных тупых тел меньше, чем сопротивление острого конуса того же объема. Из условия равенства объемов  $V$  острого (с углом  $\beta_0$ ) и затупленного (с углом наклона образующей  $\beta$ ) конусов при одинаковой их длине  $z$  (расстояние от критической точки вдоль оси конуса, отнесенное к радиусу затупления) получаем

$$\operatorname{tg} \beta_0 = \sqrt{\frac{3V}{\pi z^3}} = \sqrt{z^{-3} \left\{ 2 + \frac{\sin^3 \beta + (z-1)[3 + 3(z-1)\sin \beta + (z-1)^2 \sin^2 \beta]}{\cos^2 \beta} \right\}}$$

Тогда угол  $\beta_0$  характеризует относительный объем.

На фиг. 1 приведены зависимости коэффициента сопротивления  $C_x$  затупленных конусов и острого конуса, построенные по таблицам [1, 2], от угла  $\beta_0$  при различных длинах  $z$  и углах  $\beta$  для числа Маха набегающего потока  $M_\infty = 4$  (зависимости для других чисел  $M_\infty$  – аналогичные).

При больших объемах (и малых длинах) сопротивление затупленных конусов значительно меньше, чем острых. Во внешней части ударного слоя затупленного конуса давление на меньших расстояниях от затупления значительно больше, чем в его внутренней части (фиг. 2) ( $\xi = (r - G)/(F - G)$ ,  $r$  – расстояние от оси конуса;  $G, F$  – расстояния от оси до поверхности конуса и ударной волны). Оба эти обстоятельства дают основание предположить, что волнолеты, для "конструирования" которых будут применены поверхности тока затупленных тел, будут иметь большее качество, чем при использовании поверхностей тока остроносых конусов.

Рассмотрим волнолет, корпус которого – затупленный полуконус, а крыло – пластина, расположенная в меридиональной плоскости между ударной волной и конусом (фиг. 3). Подъемная сила волнолета с затуплением вычислялась по теореме импульсов с использованием таблиц [2]

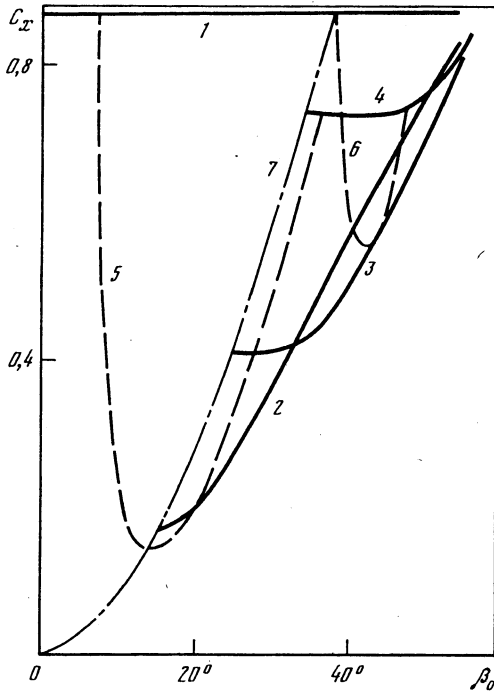
$$Y = 2 \int_G^F \rho u v r dr$$

где  $u, v$  – осевая и радиальная составляющие скорости в ударном слое,  $\rho$  – плотность воздуха.

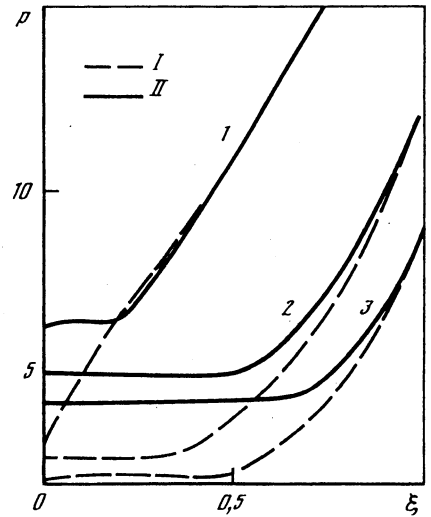
Подъемная сила остроносого волнолета вычислялась по распределению давления с использованием таблиц [1].

Давление воздуха на подветренную сторону и дно считалось равным давлению в набегающем потоке.

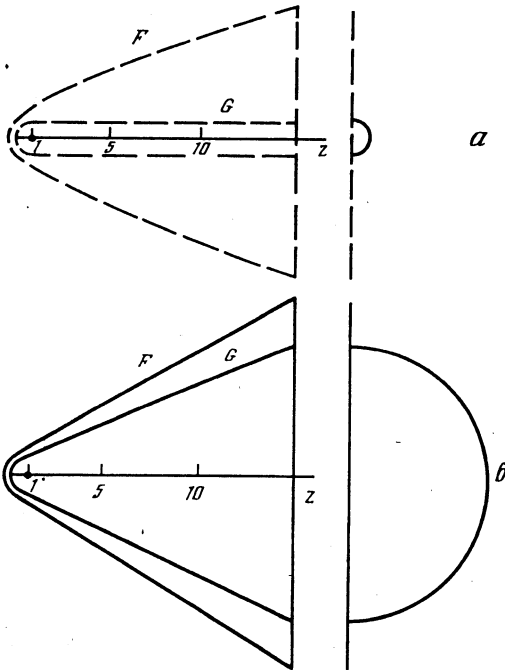
При одинаковых длинах и величинах коэффициента подъемной силы  $C_y$  аэродинамическое качество тупоносых волнолетов меньше, чем остроносых (фиг. 4). Однако



Фиг. 1.



Фиг. 2.



Фиг. 3.

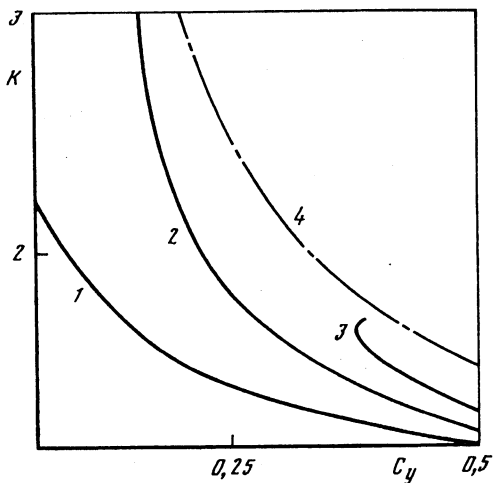
Фиг. 1. Коэффициент сопротивления конусов одинакового объема, кривые 1-4 для тупых конусов с углами  $\beta = 0, 15, 25, 35^\circ$ ; 5, 6 - для длин  $z = 15, 2$ ; 7 - для острого конуса

Фиг. 2. Давление в ударном слое тупого конуса при  $M_\infty = 8$ , кривые I и II для  $\beta = 0$  и  $10^\circ$ , I-3 - для  $z = 1, 2, 3$

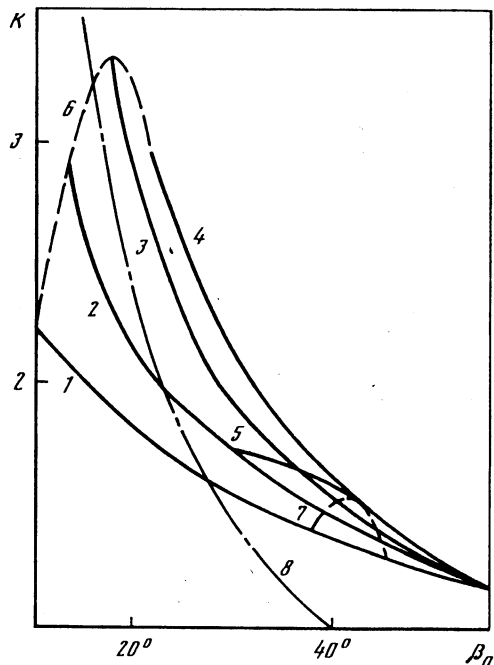
Фиг. 3. Схема волнолета: а -  $\beta = 0^\circ$ , б -  $\beta = 25^\circ$

при одинаковых объемах аэродинамическое качество затупленных волнолетов может быть больше, чем остроносых; это различие вырастает с увеличением относительного объема и уменьшением длины (фиг. 5).

Такие волнолеты могут представить интерес как космические летательные аппараты; качество их можно увеличить за счет косых задних кромок крыльев.



Фиг. 4



Фиг. 5

Фиг. 4. Аэродинамическое качество  $K$  в зависимости от коэффициента подъемной силы  $C_y$  при  $M_\infty = 4$ , кривые 1–3 для углов  $\beta = 0, 15, 25^\circ$ , 4 – для остроносого волнолета

Фиг. 5. Аэродинамическое качество  $K$  в зависимости от угла  $\beta_0$  (объема) при  $M_\infty = 4$ , кривые 1–5 для тупоносых волнолетов с углами  $\beta = 0, 5, 10, 15, 25^\circ$ , 6, 7 – для длин  $z = 10, 2$ ; 8 – для остроносых волнолетов

Затупленный конус не является телом минимального волнового сопротивления при заданных объеме и длине, поэтому выбор контура осесимметричного тела может дать дополнительную возможность увеличения качества.

Отметим еще, что увеличение давления во внешней части ударного слоя имеет место для плоских тупых клиньев [3]. Поверхности тока скользящих клиньев могут быть применены для конструирования корпусов с длинными косыми крыльями.

**Заключение.** Волнолеты представляют интерес как схемы для построения форм новых летательных аппаратов, обтекание которых на расчетном режиме известно и может выбираться в соответствии с их назначением, а расчет характеристик не требует существенных затрат времени. Характер их обтекания сохраняется и на нерасчетных режимах. Для удовлетворения различным заданиям следует расширять набор волнолетов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабенко К.И., Воскресенский Г.П., Любимов А.Н., Русанов В.В. Пространственное обтекание гладких тел идеальным газом. М.: Наука, 1964. 505 с.
2. Любимов А.Н., Русанов В.В. Течения газа около тупых тел. Ч. 2. М.: Наука, 1970. 379 с.
3. Лебедев М.Г., Пчелкина Л.В., Сандомирская И.Д. Сверхзвуковое обтекание плоских затупленных тел. М.: Изд-во МГУ, 1974. 237 с.

Москва

Поступила в редакцию  
10.VII.1997