

О НАБЕГАНИИ УДАРНОЙ ВОЛНЫ НА КЛИН, ДВИЖУЩИЙСЯ СО СВЕРХЗВУКОВОЙ СКОРОСТЬЮ

Г. М. АРУТЮНЯН (Москва)

Рассмотрим (фиг. 1) движение клина со сверхзвуковой скоростью V под ненулевым углом атаки ($\delta_1 \neq \delta_2$) и предположим, что на нее спереди набегают плоская ударная волна. Течение, которое возникает при этом около движущегося тела, весьма сложно. Можно, однако, показать, что если

$$\delta_1 = \left(\alpha_0 - \frac{\pi}{2} \right) + \arctg \left\{ \frac{M^2(\gamma + 1) \operatorname{ctg} \alpha_0 \pm [M^4(\gamma + 1)^2 \operatorname{ctg}^2 \alpha_0 - 8M^2(\gamma - 1) - 16]^{1/2}}{2M^2(\gamma - 1) + 4} \right\} \quad (1)$$

где $M = V/a_0$ (a_0 — скорость звука в невозмущенной среде), а

$$\alpha_0 = 2 \arctg \left(\frac{\gamma + 1}{3 - \gamma} \right)^{1/2} \quad (2)$$

то у верхней поверхности клина возникает такая картина течения, которая была описана в работе [1]. Она весьма проста и легко рассчитывается.

Очевидно, что картина течения у нижней поверхности клина остается при этом по-прежнему очень сложной. Однако здесь возможны такие случаи, когда задача будет в некоторой степени упрощена. Это, в частности, будет иметь место, если набегающий на клин скачок окажется еще и параллельным присоединенному скачку уплотнения OB_1 , т. е. будет иметь место их лобовое столкновение. Можно показать, что это произойдет, если

$$\varphi_2 = \frac{\pi}{2} - \delta_1 \quad (3)$$

где δ_1 должна определяться (1).

Так как φ_2 и δ_2 связаны между собой известной формулой для косога скачка уплотнения

$$\operatorname{tg} \delta_2 = \left[\operatorname{tg} \varphi_2 \left(\frac{\gamma + 1}{2} \frac{M^2}{M^2 \sin^2 \varphi_2 - 1} - 1 \right) \right]^{-1} \quad (4)$$

то из (3) и (4) получаем

$$\operatorname{tg} \delta_2 = \left[\operatorname{ctg} \delta_1 \left(\frac{\gamma + 1}{2} \frac{M^2}{M^2 \cos^2 \delta_1 - 1} - 1 \right) \right]^{-1} \quad (5)$$

Рассмотрим значение δ_2 при $M \rightarrow \infty$. Из (4) следует, что

$$\lim_{M \rightarrow \infty} \delta_1 = \arctg \left(\frac{\gamma + 1}{3 - \gamma} \right)^{1/2} = \frac{\alpha_0}{2} \quad (6)$$

Тогда из (5) получим

$$\lim_{M \rightarrow \infty} \delta_2 = \lim_{M \rightarrow \infty} \delta_1 = \frac{\alpha_0}{2} \quad (7)$$

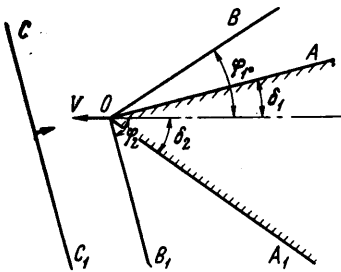
Таким образом, если клин с углом полураствора $1/2\alpha_0$ движется под нулевым углом атаки с большими сверхзвуковыми скоростями и у его верхней поверхности осуществляется картина течения, описанная в работе [1], то можно считать, что у его нижней поверхности при этом всегда будет иметь место лобовое столкновение набегающего скачка с присоединенным скачком уплотнения.

Зависимость углов δ_1 и δ_2 от числа M при $\gamma = 1.4$ представлена на фиг. 2. (Заметим, что $1/2\alpha_0 = 39^\circ$ при $\gamma = 1.4$.)

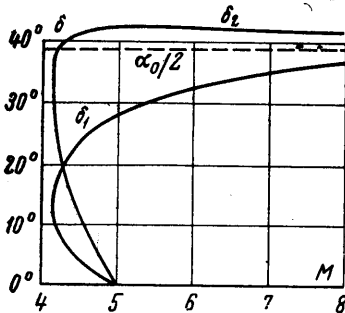
Поступило 29 XII 1967

ЛИТЕРАТУРА

1. Голубинский А. И. Набегание ударной волны на клин, движущийся со сверхзвуковой скоростью. ПММ, 1964, т. 28, вып. 4.



Фиг. 1



Фиг. 2