

Расчеты при $\rho_1/\rho_2 = 0,5$ показали, что данные для постоянных значений Re_1, Re_2 сдвигаются на диаграмме в координатах R_0, R_v вверх относительно расчетов с $\rho_1/\rho_2 = 0,1$ для тех же Re_1, Re_2 [3]. Значения Fr при этом меньше, закономерности деформации капель остаются прежними. Итак, полученные результаты расчетов, диаграмма режимов течений дают полное представление о процессах при всплытии капель в стесненных условиях вплоть до выхода на «снарядный режим».

ЛИТЕРАТУРА

1. Волков П. К. Всплытие газового пузыря в трубе, заполненной вязкой жидкостью // ПМТФ.— 1989.— № 6.
2. Бэтчелор Дж. Введение в динамику жидкости.— М.: Мир, 1973.
3. Волков П. К. Всплытие капель жидкости в вертикальных трубах с другой жидкостью // Моделирование в механике/АН СССР. Сиб. отд-ние, ИТПМ, ВЦ.— 1990.— Т. 4(21), № 5.
4. Hill M. J. M. On a spherical vortex // Philos. Trans. Roy. Soc. London. Ser. A.— 1984.— V. 185, pt 1.
5. Волков П. К. Гидродинамика пузырьков, всплывающих в капиллярных трубках // Сиб. физ.-техн. журн.— 1991.— Вып. 4.
6. Maeda N. Behavior of a single bubble in quiescent and flowing liquid inside a cylindrical tube // J. Nucl. Sci. and Technol.— 1975.— V. 12, N 10.

г. Новосибирск

Поступила 13/VIII 1992 г.

УДК 629.782.015.3.025.1

Г. И. Майкапар

ЦИЛИНДР С ОПЕРЕНИЕМ В СВЕРХЗВУКОВОМ ПОТОКЕ

Для расчетного режима получено точное решение: оперение с звездообразным поперечным сечением, расположенное на круглом цилиндре. Применен метод построения с помощью поверхностей тока за плоскими скачками уплотнения.

В [1] предложен способ построения остроносых пирамидальных тел с звездообразным поперечным сечением с помощью поверхностей тока за плоскими скачками уплотнения. Способ может быть распространен на случай, когда передняя часть тела представляет собой цилиндрическую поверхность тока однородного (невозмущенного) сверхзвукового течения. Могут быть применены любые комбинации плоских скачков, дающие изменения продольного и поперечного контуров тела.

От линии пересечения плоского скачка с указанной выше цилиндрической поверхностью отходит также цилиндрическая поверхность, образованная линиями тока за скачком, которая сопрягается на концах дуги пересечения с плоскостями двух клиньев, передние кромки которых — линии пересечения данного скачка с двумя соседними.

Для того чтобы контур поперечного сечения был непрерывным,

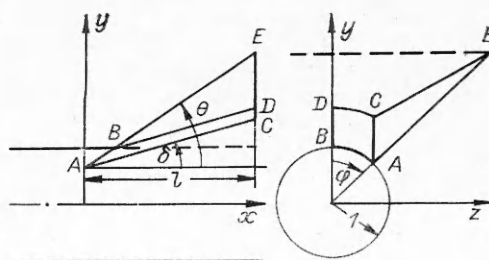


Рис. 1

углы φ между плоскостями, нормальными к соседним скачкам и проходящими через направление скорости невозмущенного потока, и плоскостью, проходящей через то же направление и кромку клина, должны удовлетворять условию

$$\frac{\cos \varphi_{i+1}}{\cos \varphi_i} = \frac{\operatorname{tg} \theta_{i+1}}{\operatorname{tg} \theta_i}$$

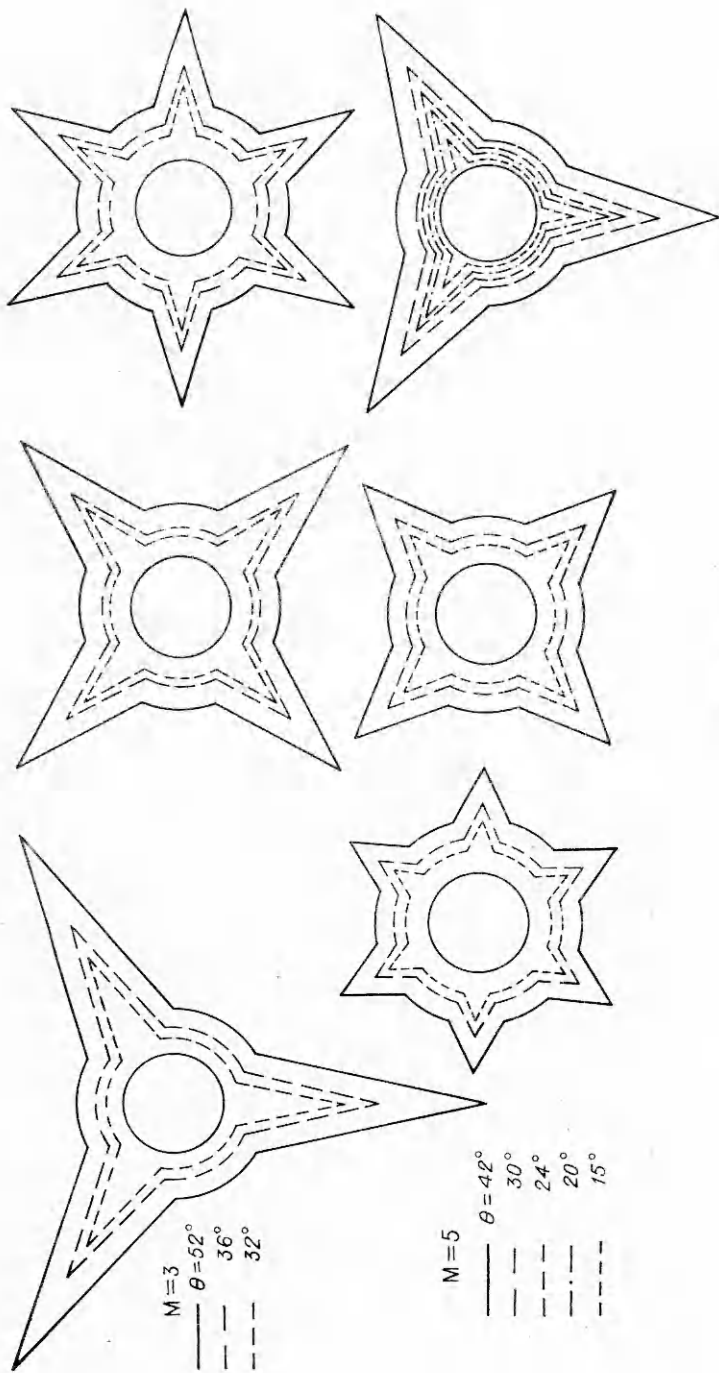


Рис. 2

(θ — угол наклона скачка). Контур получаемого таким способом оперения со звездообразным поперечным сечением будет замкнут при условии, что сумма всех углов φ равна 2π . Пересечение линий тока за соседними скачками исключается, если угол между их плоскостями меньше π ; это условие образования клипа с конечным углом раствора. Если все плоские скачки образуют симметричную пирамиду, передняя часть поверхности также симметрична и оси совпадают, то на оперение будет действовать только сопротивление, а когда в одной плоскости симметрии нет, то на оперение будет действовать еще и момент относительно продольной оси. Данный способ представляет интерес, потому что он позволяет получать оперение различной формы, для которого сила и момент просто и точно рассчитываются по давлению за скачками. Достаточно просто можно рассчитать донное давление за клиньями [2] и сопротивление трения.

Рассмотрим как пример круглый цилиндр под нулевым углом атаки; это может быть либо достаточно длинный цилиндр, либо цилиндр с протоком, неоднородность течения около которого ограничена тонкими энтропийным и пограничным слоями, и ею можно пренебречь. От линии пересечения плоского скачка с цилиндром AB (рис. 1) отходит цилиндрическая поверхность $ABDC$, образованная линиями тока за скачком, имеющими угол наклона δ . В нормальном к оси цилиндра сечении, отстоящем на расстояние l от конца A линии пересечения, задаваемого углом φ , координаты контура этой поверхности (радиус цилиндра принят за единицу) запишем в виде

$$y = \cos \psi \left(1 - \frac{\operatorname{tg} \delta}{\operatorname{tg} \theta} \right) + \left(l + \frac{\cos \varphi}{\operatorname{tg} \theta} \right) \operatorname{tg} \delta, \quad z = \sin \psi,$$

где ψ — текущий угол, отсчитываемый от оси y . Линия AE — передняя кромка клина (линия пересечения соседних скачков), координаты точки E :

$$y = \frac{z}{\operatorname{tg} \varphi} = \cos \varphi + l \operatorname{tg} \theta.$$

Для расчета силы и момента, действующих на всю поверхность $ABDCEA$, достаточно найти площади ее проекций:

$$\sigma_y = \frac{\sigma_x}{\operatorname{tg} \delta} = \frac{\operatorname{tg} \varphi (l \operatorname{tg} \theta + \cos \varphi)^2 - \varphi}{2 \operatorname{tg} \theta},$$

$$\sigma_z = (1 - \cos \varphi) \left(1 - \frac{\operatorname{tg} \delta}{\operatorname{tg} \theta} \right) \left(l - \frac{1 - \cos \varphi}{2 \operatorname{tg} \theta} \right), \quad l \geq \frac{1 - \cos \varphi}{\operatorname{tg} \theta}.$$

Примеры поперечных сечений оперения с различным числом клиньев для $l=2$ представлены на рис. 2. Заметим, что если $l < \frac{1 - \cos \varphi}{\operatorname{tg} \theta}$, то цилиндрическая поверхность за скачком начинается с угла $\psi = \arccos(\cos \varphi + l \operatorname{tg} \theta)$. Для построения подобных тел могут быть применены также конические [3] и пересекающиеся плоские скачки уплотнения [4].

Автор признателен А. Н. Минайлосу и К. П. Петрову за информацию, вызвавшую выполнение настоящей работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Майкапар Г. И. О волновом сопротивлении неосесимметричных тел в сверхзвуковом потоке // ПММ.— 1959.— Т. 23, вып. 2.
2. Нейланд В. Я., Соколов Л. А. О донном давлении за клином в сверхзвуковом потоке // Инж. журн.— 1964.— Т. 4, вып. 2.
3. Майкапар Г. И. Тела, образованные поверхностями тока конических течений // Изв. АН СССР. МЖГ.— 1966.— № 1.
4. Гонор А. Л. Точное решение задачи обтекания некоторых пространственных тел сверхзвуковым потоком газа // ПММ.— 1964.— Т. 28, № 5.

г. Жуковский

Поступила 27/VII 1992 г.