

Н. В. ЛАМБИН

ОТРЫВНОЕ ОБТЕКАНИЕ ИЗОЛИРОВАННОГО ПРОФИЛЯ,
БЛИЗКОГО К ПРЯМОЛИНЕЙНОМУ

(Представлено академиком В. Л. Поздюниным 10 VIII 1946)

В плоскости комплексного переменного $z = x + iy$ дан бесконечный плоский поток совершенной и несжимаемой жидкости, встречающий на своем пути изолированный криволинейный профиль AB и обтекающий его со срывом струй (рис. 1). Срыв струй происходит по касательным к профилю на его концах, скорость потока на бесконечности параллельна действительной оси. Функцию пока будем обозначать

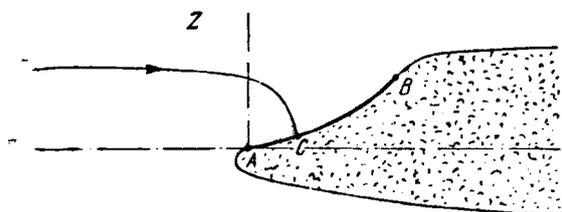


Рис. 1

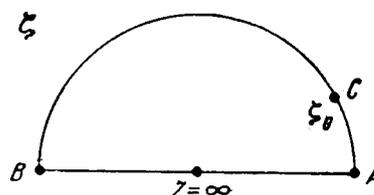


Рис. 2

через W . Требуется вычислить качество профиля, т. е. абсолютную величину отношения составляющих Y и X силы, с которой поток действует на профиль, и сравнить его с качеством прямолинейного профиля AB .

Задача решается методом Леви-Чивита ⁽¹⁾, т. е. посредством надлежаще выбранного конформного отображения заполненной потоком области D плоскости z на лежащий в верхней полуплоскости плоскости ζ полукруг Q круга $|\zeta| < 1$ (рис. 2).

Функция $\omega(\zeta) = i \ln \frac{dW}{dz}$ (переменная Леви-Чивита) рассматривается как сумма аналогичной функции для прямолинейного профиля и функции, обуславливающей его искривление, что дает

$$\omega(\zeta) = 2\sigma_0 + i \ln \frac{\zeta - \zeta_0}{\zeta - \bar{\zeta}_0} + \sum_{k=1}^{\infty} a_k \zeta^k, \quad (1)$$

где a_k — вещественные параметры и ряд $\sum_{k=1}^{\infty} a_k \zeta^k$ имеет радиус сходимости ≥ 1 . Точка $\zeta_0 = e^{i\alpha_0}$ соответствует точке раздела струй в плоскости z .

Решение задачи дается формулами:

$$x = x(\gamma) = 8 \int_0^\gamma e^{-\sum_{k=1}^{\infty} t_k \sin k\sigma} \cos \left(\sigma_0 + \sum_{k=1}^{\infty} t_k \cos k\sigma \right) \sin^2 \frac{\sigma + \sigma_0}{2} \sin \sigma d\sigma,$$

$$y = y(\gamma) = 8 \int_0^\gamma e^{-\sum_{k=1}^{\infty} t_k \sin k\sigma} \sin \left(\sigma_0 + \sum_{k=1}^{\infty} t_k \cos k\sigma \right) \sin^2 \frac{\sigma + \sigma_0}{2} \sin \sigma d\sigma, \quad (2)$$

представляющими собой параметрические уравнения обтекаемого профиля, и формулой

$$\frac{Y}{X} = \frac{4 \cos \sigma_0 \omega'(0) - \omega''(0)}{\omega'^2(0)} \quad (3)$$

для вычисления качества соответствующего профиля. Полагая все a_k равными нулю, получаем прямолинейный профиль.

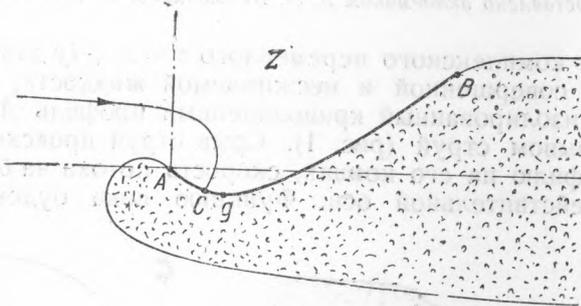


Рис. 3

Потребность в решении этой задачи возникла в связи с разработкой академиком В. Л. Позднюиным теорией суперкавитирующего гребного винта (2). С точки зрения этой теории представляется интересным вопрос о возможности повышения качества $\left| \frac{Y}{X} \right|$ профиля AB посредством его искривления, оставляя концы его неподвижными.

Результаты сделанных для этой цели для отдельных профилей вычислений следующие:

I. $a_1 = -0,03; a_2 = 0; a_k = 0$ при $k > 2; \sigma_0 = 2^\circ 27'$

γ	0°	45°	90°	135°	180°	$\left \frac{Y}{X} \right = 21,79$
y	0,00000	0,00045	0,00346	0,03136	0,05241	
x	0,00000	0,02342	0,25891	0,73698	1,00000	

II. $a_1 = -0,1; a_2 = 0; a_k = 0$ при $k > 2; \sigma_0 = 1^\circ 10'$

γ	0°	45°	90°	135°	180°	$\left \frac{Y}{X} \right = 24,3\Gamma$
y	0,00000	-0,00127	-0,00333	0,02409	0,05273	
x	0,00000	0,02187	0,25691	0,74020	1,00000	

III. $a_1 = -0,1; a_2 = 0,02; a_k = 0$ при $k > 2; \sigma_0 = 1^\circ 32'$

γ	0°	45°	90°	135°	180°	$\left \frac{Y}{X} \right = 21,5\Gamma$
y	0,00000	-0,00101	-0,00504	0,02043	0,05252	
x	0,00000	0,02163	0,25348	0,73973	1,00000	

Для прямолинейного профиля имеем:

$$\left| \frac{Y}{X} \right| = 19,08.$$

Сравнение изученных профилей позволяет высказать следующие соображения. Замена прямолинейного профиля AB профилем I повышает его качество. При дальнейшем его искривлении (профиль II) качество продолжает повышаться, но при этом некоторые ординаты профиля получают отрицательные значения, т. е. профиль искривляется таким образом, что некоторый отрезок (рис. 3, отрезок Ag) обращен к набегающему на него потоку не той стороной, которая смывается потоком, а той своей стороной, которая ограничивает область плоскости z , не заполненную потоком. Профиля I и II имеют наибольшую кривизну вблизи начала координат (вблизи переднего конца) и убывающую по мере удаления от него. Профиль III имеет более равномерно распределенную кривизну и по форме приближается к дуге окружности; качество при этом снижается.

Поступило
10 VIII 1946

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Н. Е. Кочин, И. А. Кибель и Н. В. Розе, Теоретическая гидромеханика, 1938, ч. II, § 18, стр. 78. ² В. Л. Поздюнин, ДАН, 42, № 7 (1944).