

ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ КОЭФФИЦИЕНТА СОПРОТИВЛЕНИЯ СИММЕТРИЧНЫХ ТЕЛ ПРИ НУЛЕВОМ ЧИСЛЕ КАВИТАЦИИ

В. П. КАРЛИКОВ, Г. И. ПОЛОМОВИЧ

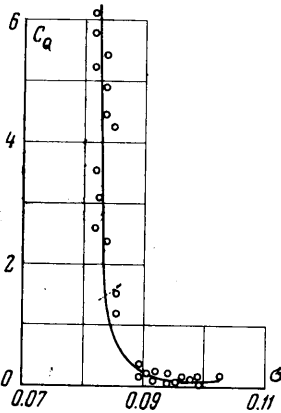
(Москва)

Одной из существенных характеристик развитых кавитационных течений за насадком является значение его коэффициента сопротивления при нулевом числе кавитации C_{x_0} .

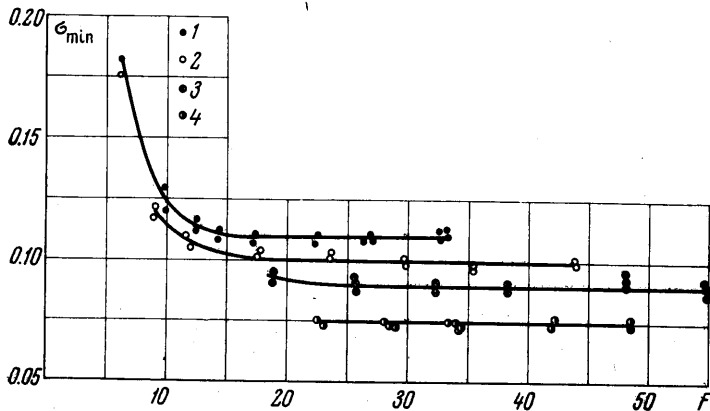
Этот параметр содержится в известных формулах для определения коэффициента сопротивления и габаритных размеров каверн при произвольных числах кавитации σ . Значение C_{x_0} в случае симметричных течений идеальной жидкости зависит от конфигурации смоченной поверхности насадка, а в случае вязкой жидкости — и от ряда других факторов — свойств этой поверхности (шероховатости, смачиваемости), скорости и турбулентности натекающего потока и т. п.

Непосредственное экспериментальное определение C_{x_0} требует проведения опытов при числе кавитации, равном нулю, что невозможно в обычных гидродинамических трубах и опытовых бассейнах. Поэтому, как правило, значение C_{x_0} находится в результате экстраполяции, найденной динамометрическим способом зависимости $C_x = C_x(\sigma)$ до значений $\sigma = 0$ [1-3]. Использование такого метода определения C_{x_0} предполагает наличие динамометрической аппаратуры. Кроме того, следует иметь в виду неизбежность погрешности, обусловленной экстраполяцией зависимостей, построенных по экспериментальным точкам.

В настоящей работе предлагается метод определения коэффициента сопротивления насадков с фиксированной линией отрыва потока при нулевом числе кавитации, не связанный с силовыми измерениями. Он основан на использовании метода учета влияния стенок при исследовании осесимметричных кавитационных течений, описанного в [4]. В [5] было показано, что для идеальной жидкости минимально достижимое число кавитации



Фиг. 1



Фиг. 2

в трубе σ_{\min} определяется значением C_x и коэффициента загромождения. Эта зависимость с учетом пограничного слоя может быть представлена в виде [6]:

$$\sigma_{\min} = \sqrt{C_x s} + \xi \quad (C_x = C_{x_0}(1 + \sigma_{\min}), \quad s = S/S_0) \quad (1)$$

Здесь S — площадь миделевого сечения насадка, S_0 — площадь поперечного сечения трубы, ξ — коэффициент потерь давления. Из формулы (1) следует, что

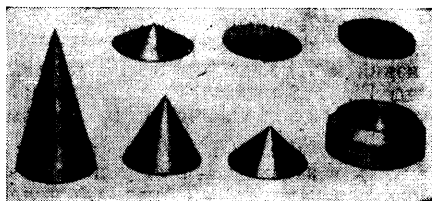
$$C_{x_0} = \frac{(\sigma_{\min} - \xi)^2}{4s(1 + \sigma_{\min})} \quad (2)$$

Эта формула при известном s дает возможность определить C_{x0} на основании измерения σ_{\min} и ξ .

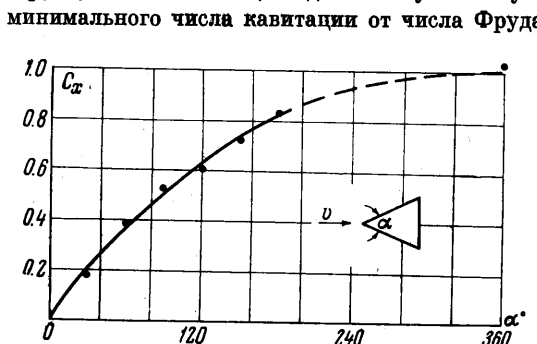
Известно, что экспериментальное определение σ_{\min} в случае естественной (паровой) кавитации затруднительно вследствие неблагоприятного режима работы самой кавитационной трубы и манометрической аппаратуры. Поэтому измерение σ_{\min} следует производить в режиме искусственной кавитации, т. е. при подаче газа в каверну. С увеличением подачи газа значение σ асимптотически приближается к σ_{\min} .

На фиг. 1 показана экспериментальная зависимость коэффициента подачи газа $C_g = Q / v d^2$ от числа кавитации, где Q — объемный расход газа, приведенный к давлению в каверне; d — характерный линейный размер (диаметр) кавитатора; v — скорость натекающего потока.

Достижимые в опытах минимальные значения σ при обычной точности измерений практически не отличаются от σ_{\min} . Естественно, что поскольку используемые формулы получены без учета сил тяжести, опыты следует проводить при числах Фруда, обеспечивающих достаточную осевую симметрию. Типичная зависимость



Фиг. 3



Фиг. 4

$F = v / \sqrt{gd}$ (g — ускорение силы тяжести) представлена на фиг. 2, где приведены результаты экспериментов для серии расположенных нормально к потоку дисков при различных коэффициентах загромождения s ($1 - s = 0.4 \cdot 10^{-3}$, $2 - s = 0.62 \cdot 10^{-3}$, $3 - s = 0.9 \cdot 10^{-3}$, $4 - s = 1.4 \cdot 10^{-3}$). Для каждого s , начиная с некоторых значений числа Фруда, величина σ_{\min} становится постоянной, что, очевидно, свидетельствует о достижении необходимой осевой симметрии.

Величина ξ в формуле (2), по существу, являющаяся характеристикой трубы и условий опыта, может быть определена экспериментально. Для этого проводится опыт,

в котором испытуемая модель заменяется моделью-эталоном, имеющей известные значения C_{x0} и s , после чего значение ξ находится из формулы (2).

Для проверки эффективности предлагаемого метода определения C_{x0} были проведены испытания серии конусов с углами при вершине 30, 60, 90, 120, 150, 180° (диск) и чаши, показанных на фиг. 3. Диаметр оснований конусов и внутренний диаметр чаши равнялись 15 мм, что соответствовало $s = 1.4 \cdot 10^{-3}$.

Найденные в этих опытах значения C_{x0} приведены на фиг. 4 (точки). Кривая на этом графике дает известные значения коэффициентов C_{x0} из работ [1-3].

Полученные результаты свидетельствуют о пригодности предлагаемого метода определения C_{x0} .

Поступило 23 XI 1966

ЛИТЕРАТУРА

1. Логвинович Г. В. Гидродинамика течений со свободными границами. Тр. ЦАГИ, 1965, вып. 935.
2. Эпштейн Л. А. Экспериментальные исследования кавитационных течений в опытовом бассейне. Тр. ЦАГИ, 1953, вып. 710.
3. Bergström S. O. W. Kavitationens mekanik. Tekn. tidskr., 1954, vol. 84, No. 42.
4. Карликов В. П., Шоломович Г. И. Метод приближенного учета влияния стенок при кавитационном обтекании тел в гидродинамических трубах. Изв. АН СССР, МЖГ, 1966, № 4.
5. Биркгоф Г., Сарантонелло Э. Струи, следы и каверны. Изд. «Мир», 1964.
6. Шоломович Г. И. О влиянии стенок на минимальное число кавитации при осесимметричном кавитационном обтекании тел в трубе. Вестн. Моск. ун-та, 1966, № 5.