

Б.А. Байрашевский, И.А. Смирнова,
И.З. Мац, В.Г. Третьякович

ТАРИРОВОЧНЫЕ ДАННЫЕ НАСАДКОВ
ДЛЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ
В ТРЕХМЕРНОМ ПОТОКЕ

При соответствующей ориентации пятиканального зонда в трехмерном потоке (рис. 1, $h_4 = h_5 = h_{4,5}$, $\varphi = 0$) показания напоров в отверстиях насадка следующие [1]:

$$h_1 = p_{ст} + k_1 \cdot A; \quad (1)$$

$$h_2 = p_{ст} + k_2 \cdot A; \quad (1')$$

$$h_3 = p_{ст} + k_3 \cdot A; \quad (1'')$$

$$h_{4,5} = p_{ст} + k_{4,5} \cdot A; \quad (1''')$$

где A , k — экспериментальные коэффициенты, $A = \frac{\gamma U^2}{2g}$.

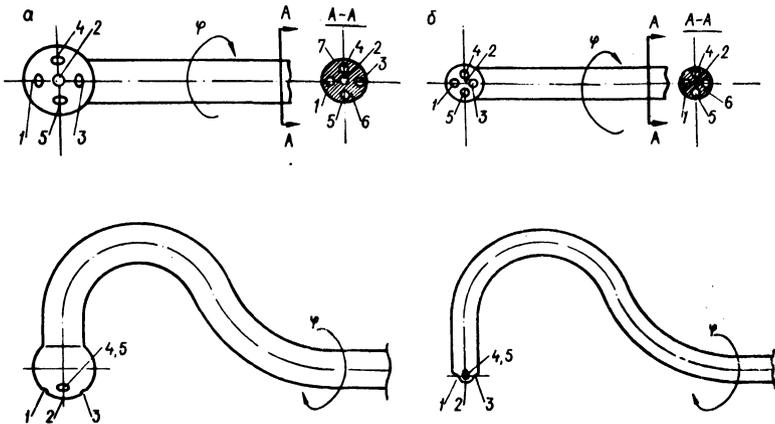


Рис. 1. Две конструктивные схемы торцевой части пяти- и четырехканального аэродинамического насадка: 1—5 — приемные отверстия; 6, 7 — сплошные стержни, оболочка.

На основании (1) — (1''') можем составить шесть систем по два уравнения при неизвестных $p_{ст}$ и A :

$C_4^2 = \frac{4!}{2!(4-2)} = 6$, т.е. (1) и (1'), (1) и (1''), (1) и (1'''), (1') и (1''), (1') и (1'''), (1'') и (1''').

В результате решения имеем:

$$A = \frac{h_1 - h_2}{k_1 - k_2}; \quad p_{\text{ст}} = h_1 - k_1 \frac{h_1 - h_2}{k_1 - k_2}; \quad (2)$$

$$A = \frac{h_1 - h_3}{k_1 - k_3}; \quad p_{\text{ст}} = h_1 - k_1 \frac{h_1 - h_3}{k_1 - k_3}; \quad (3)$$

$$A = \frac{h_1 - h_4}{k_1 - k_4}; \quad p_{\text{ст}} = h_1 - k_1 \frac{h_1 - h_4}{k_1 - k_4}; \quad (4)$$

$$A = \frac{h_2 - h_3}{k_2 - k_3}; \quad p_{\text{ст}} = h_2 - k_2 \frac{h_2 - h_3}{k_2 - k_3}; \quad (5)$$

$$A = \frac{h_2 - h_4}{k_2 - k_4}; \quad p_{\text{ст}} = h_2 - k_2 \frac{h_2 - h_4}{k_2 - k_4}; \quad (6)$$

$$A = \frac{h_3 - h_4}{k_3 - k_4}; \quad p_{\text{ст}} = h_3 - k_3 \frac{h_3 - h_4}{k_3 - k_4}. \quad (7)$$

Решая попарно (2) - (7) путем приравнивания между собой A или $p_{\text{ст}}$, можем получить $C_6^2 = \frac{6}{2!(6-4)} = 15$ тарировочных соотношений между показаниями полных напоров в отверстиях насадка и углом потока δ . Основные из них показаны на рис. 2:

$$\frac{h_1 - h_3}{h_1 - h_4} = \frac{k_1 - k_3}{k_1 - k_4} = K_6^\delta; \quad (8)$$

$$\frac{h_1 - h_3}{h_2 - h_4} = \frac{k_1 - k_3}{k_2 - k_4} = K_8^\delta; \quad (9)$$

$$\frac{h_1 - h_3}{h_3 - h_4} = \frac{k_1 - k_3}{k_3 - k_4} = K_9^\delta; \quad (10)$$

$$\frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_4} = \frac{k_1 - k_4}{k_2 - k_4} \quad (11)$$

$$\frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_4} = \frac{k_2 - k_3}{k_2 - k_4} = K_{13}^\delta \quad (12)$$

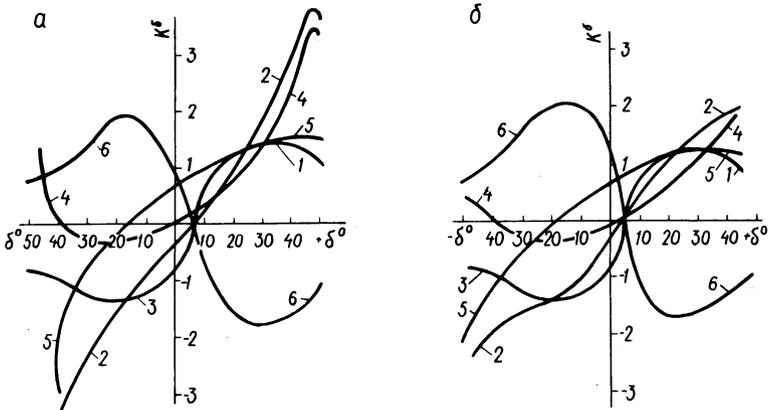


Рис. 2. Тарировочные данные пяти - и четырехканальных аэродинамических насадков: а, б — данные насадков, выполненных соответственно по схемам рис. 1, а, б; 1— K_6^δ ; 2— K_8^δ ; 3— K_9^δ ; 4— K_{11}^δ ; 5— K_{13}^δ ; 6— K_{16}^δ .

Остальные десять соотношений могут быть выражены через значения (8) — (12) в виде

$$\left. \begin{aligned} K_1^\delta &= \frac{K_{11}^\delta - 1}{K_8^\delta}, & K_2^\delta &= \frac{K_{11}^\delta - 1}{K_{11}^\delta}, & K_3^\delta &= \frac{K_{11}^\delta - 1}{K_{13}^\delta}; \\ K_4^\delta &= K_{11}^\delta - 1, & K_5^\delta &= \frac{K_{11}^\delta - 1}{K_{11}^\delta - K_8^\delta}, & K_7^\delta &= \frac{K_8^\delta}{K_{13}^\delta}; \\ K_{10}^\delta &= \frac{K_{11}^\delta}{K_{13}^\delta}, & K_{12}^\delta &= \frac{1}{1 - K_6^\delta} = 1 + K_9^\delta; \\ K_{14}^\delta &= \frac{K_{13}^\delta}{K_{11}^\delta - K_8^\delta}, & K_{15}^\delta &= \frac{1}{K_{11}^\delta - K_8^\delta}. \end{aligned} \right\} (13)$$

В процессе тарировки были проанализированы возможные варианты изменения функций $k^{\delta} = f(\delta)$ для двух пятиканальных насадков, схемы которых показаны на рис. 1. Условием практической применимости кривой $K^{\delta} = f(\delta)$ является монотонность ее изменения и отсутствие экстремумов в диапазоне измеряемых углов вектора скорости. Как следует из данных на рис. 2 и соотношений (13), этим условиям [1] в большей мере отвечает кривая K_8^{δ} . Можно также заметить, что в насадке, выполненном по схеме на рис. 1, а в диапазоне $\delta \approx 40 \div 50$ на кривой K_8^{δ} (рис. 2, а), имеется экстремум, чего не наблюдается на той же кривой K_8^{δ} насадка (рис. 2, б), выполненного по схеме на рис. 1, б. Тогда в области $\delta \approx 40 \div 50$ вместо K_8^{δ} можно воспользоваться (рис. 2, а) кривой K_{13}^{δ} или K_6^{δ} . Как видно, определенные конструктивные особенности насадков влияют также и на диапазон возможных измерений углов вектора скорости потока, что выявляется только после соответствующей тарировки.

Достоинства насадка (рис. 1, б) – меньшие габариты измерительного торца и в ряде случаев простота изготовления. Ввиду малости и большой инертности отверстие 2 может быть исключено из большей системы замеров. В связи с этим величина угла δ определяется только показателями напоров $h_1, h_3, h_4 = h_5 = h_{4,5}$ при $\varphi = 0$ в виде трех тарировочных кривых ($K_6^{\delta}, K_9^{\delta}, K_{12}^{\delta}$). Причем $K_9^{\delta} = K_6^{\delta} \cdot K_{12}^{\delta}$. Анализ распределения $K_{6,9,12}^{\delta} = f(\delta)$ показал, что практический интерес может представлять лишь K_6^{δ} в области $\delta \geq 0$ и K_9^{δ} в области $\delta \leq 0$, как это показано на рис. 2. Ввиду наличия экстремумов область измерений с помощью тарировочных кривых K_6^{δ} и K_9^{δ} ограничивается углами $\delta \approx -20 \div +20$. В случае если этого диапазона измерений относительно углов δ достаточно, вместо зависимостей K_9^{δ} и K_6^{δ} целесообразнее использовать более пологую кривую [2]:

$$K_{16}^{\delta} = \frac{h_1 - h_3}{2h_4 - h_1 - h_3} = \frac{k_1 - k_3}{2k_4 - k_1 - k_3} \quad (14)$$

Так же как и при распределении кривых K_8^{δ} , рабочий диапазон кривой (14) K_{16}^{δ} зависит от размещения приемных отверстий насадков (рис. 2).

В ы в о д ы

При тарировке пятиканальных насадков наряду с определением $K_{\delta}^{\delta} = f(\delta)$ целесообразно также проанализировать возможности использования кривых K_{δ}^{δ} в соответствии с формулами (8) – (14).

Четырехканальный насадок более прост в изготовлении и удобен в работе. Однако диапазон измерений углов δ с помощью тарировочной кривой K_{δ}^{δ} меньше, чем при использовании K_{δ}^{δ} в пятиканальном зонде.

Рабочий диапазон угла δ между экстремумами $K_{\delta}^{\delta} = f(\delta)$ зависит от конструктивных особенностей торцевой части насадка.

Л и т е р а т у р а

1. Повх И.Л. Техническая гидромеханика. Л., 1969. 2. Горлин С.М., Слезингер И.И. Аэродинамические измерения. Методы и приборы. М., 1964.

К.Ф. Степанчук, М.А. Трембицкий,
В.Н. Севастьянюк

О СКОРОСТИ РАСТВОРЕНИЯ ГАЗОВЫХ ПУЗЫРЬКОВ В ТРАНСФОРМАТОРНОМ МАСЛЕ

Динамика растворения газовых пузырьков в трансформаторном масле представляет большой практический интерес, так как наличие их в масле может привести к заметному снижению напряжения пробоя масляного промежутка и, следовательно, всей масло-барьерной или бумажно-масляной изоляционной конструкции. Кроме того, в воздушных включениях могут развиваться при переменном напряжении частичные разряды, разрушающие твердые компоненты комбинированной изоляции. Пузырьки в масле могут появляться вследствие частичных пробоев масляных прослоек [1], местных перегревов, вибрации [2]. При этом выделяется растворенный в масле газ и газы углеводородного ряда. Работ, посвященных динамике растворения газовых пузырей в масле, мало [3], материал их ограничен, в основном, изучением скорости расворения газовых пу-