

А. В. КРЫЛОВ

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ РАСХОДА И СЖАТИЯ
ОСТРЫХ ДИАФРАГМ**

(Представлено академиком В. Л. Поздюниным 25 X 1946)

В настоящей работе приводятся результаты экспериментальных и теоретических исследований коэффициентов расхода и сжатия острых диафрагм, устанавливаемых в круглых трубах в соответствии с нормами DIN-1952.

Экспериментальные исследования по определению коэффициентов расхода острых диафрагм проводились автором: а) для размеров труб, достаточно распространенных в промышленности ($D \geq 50$ мм); б) при режиме потока, соответствующем числам Рейнольдса в отверстии диафрагм $10^2 \leq Re \leq 10^4$, и в) для труб с обычной „рабочей“ шероховатостью внутренней поверхности.

Найденные экспериментальным путем значения коэффициентов расхода, представленные на рис. 1 в виде кривых $\alpha = F(Re)$ для $d/D = 0,2; 0,3; 0,4$ и $0,5$, имеют погрешность порядка $\pm 1,5\%$. На рис. 1

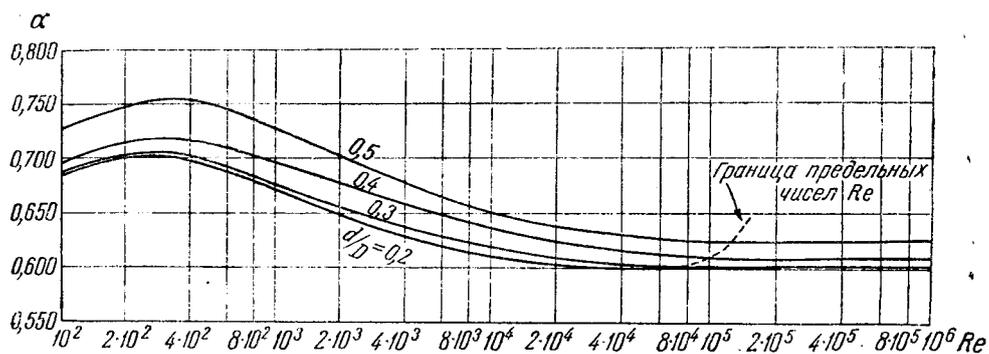


Рис. 1. 1 — $d/D = 0,2$; 2 — $d/D = 0,3$; 3 — $d/D = 0,4$; 4 — $d/D = 0,5$

нанесены также кривые α , рекомендуемые DIN-1952 для $10^4 \leq Re \leq 10^5$. Эти кривые сомкнулись в пределах указанной погрешности с нашими кривыми для $10^2 \leq Re \leq 10^4$.

Интересно отметить, что американские данные для коэффициентов α , сообщаемые Тьювом, Спрэнкле и Беком, являются несколько завышенными по сравнению с результатами наших исследований и с данными DIN при числах Рейнольдса $10^3 \leq Re \leq 1,5 \cdot 10^4$.

На рассматриваемом переходном участке чисел Рейнольдса $10^3 \leq Re \leq 10^4$ разница в значениях α для острых диафрагм в трубах с обычной шероховатостью и с гладкой внутренней поверхностью укладывается в указанные выше пределы погрешности. Поэтому най-

денные нами значения α можно рекомендовать как для гладких, так и для шероховатых труб.

Семейство кривых значений α для чисел $10^2 \leq Re \leq 3 \cdot 10^5$ выражается достаточно хорошо со средней погрешностью порядка 1,5%, полученной нами интерполяционной формулой:

$$\alpha = \frac{\alpha_0(0,25 \cdot 10^6 Re + 55,25 \cdot 10^6)}{Re(0,25 \cdot 10^6 + 220,88D/d)} + \frac{310,15}{Re^{1,2}}, \quad (1)$$

где α — искомое значение коэффициента расхода для данного Re и α_0 — значение коэффициента расхода для данного отношения d/D при „предельных“ числах Рейнольдса, равных $0,25 \cdot 10^6 d/D$.

При теоретическом исследовании величины коэффициентов расхода мы исходили из допущения, что в случае осесимметричного движения

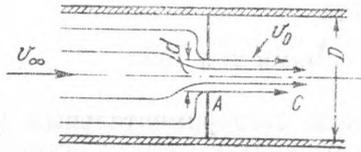


Рис. 2

жидкости в отверстии диафрагмы (рис. 2) может быть применено решение классической задачи об отрывном обтекании пластины плоскопараллельным потоком.

Предполагаем жидкость идеальной, движущейся в трубе плоского сечения. Пусть v_∞ — средняя скорость в трубе невозмущенного потока в бесконечности на подходе к диафрагме; v_0 — теоретическая скорость на поверхности раздела AC , принимаемая нами равной скорости в любой точке потока в наиболее сжатом его сечении после диафрагмы, и, наконец, $v_{cp} = \frac{D}{d} v_\infty$ — средняя скорость, отнесенная к отверстию диафрагмы. В результате решения плоской задачи находим связь между скоростями v_0 и v_∞ :

$$v_0 = v_\infty (m + \sqrt{m^2 + 1}). \quad (2)$$

Значение величины m определяется уравнением $m = e^\mu - 1$, где μ — комплексное выражение поля скоростей и системы линий тока в точке A (рис. 2).

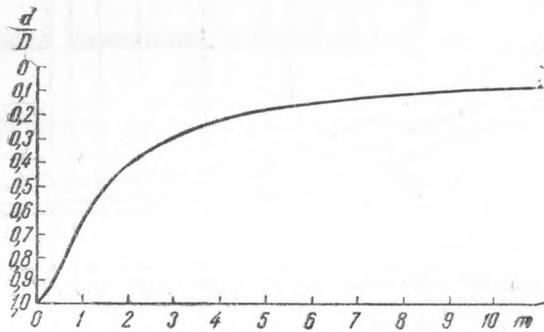


Рис. 3

Значение коэффициентов расхода $\alpha = v_{cp}/v_0$ выразится, в соответствии с формулой (2), в виде:

$$\alpha = \frac{1}{m + \sqrt{m^2 + 1}} \cdot \frac{D}{d}. \quad (3)$$

Величина m в этом выражении находится графически (рис. 3) решением уравнения $m = e^\mu - 1$, преобразованного к виду:

$$\frac{d}{D} = 1 - \frac{2m \operatorname{arctg} m + \pi (\sqrt{m^2 + 1} - 1)}{\pi (\sqrt{m^2 + 1} + m)}. \quad (4)$$

При решении плоской задачи нами принималась идеальная жидкость; следовательно, при желании произвести сравнение значений α из выражения (3) с данными эксперимента необходимо подобрать условия, когда влияние вязкости в потоке реальной жидкости мало.

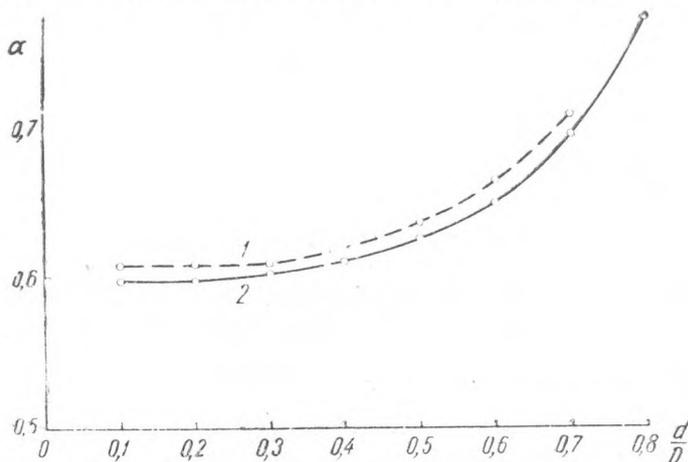


Рис. 4. 1 — кривая коэффициентов расхода, найденных из уравнения Крылова; 2 — кривая коэффициентов расхода из DIN-1952 при $Re > Re_{пред}$

При больших скоростях движения жидкости, когда значения Re достаточно велики, влияние вязкости, как известно, является ничтожным, и практически им можно пренебречь. При этих условиях, при числах Re выше „предельных“ коэффициенты расхода приобретают постоянное значение.

Сравнение значений α , вычисленных по теоретической формуле (3), и экспериментальных значений тех же величин по нормам DIN при числах Re выше „предельных“ дало весьма близкое совпадение, что видно из приводимых кривых (рис. 4).

В связи с только что указанным сравнением теоретических и экспериментальных значений α при больших числах Рейнольдса следует ожидать, что коэффициент скорости φ для острых диафрагм будет близок к единице и что, таким образом, в рассматриваемых условиях будет иметь место равенство коэффициентов расхода и сжатия.

На справедливость высказанных соображений указывает хорошо выполненная экспериментальная работа О. Kowalke ⁽¹⁾ по определению коэффициентов расхода и сжатия острых диафрагм. В этой работе указывается на получавшееся неизменно при больших числах Рейнольдса равенство коэффициентов расхода и сжатия. Наши соображения подтверждаются также и работой Cisotti ⁽²⁾ об истечении из отверстий в тонких стенках.

Настоящее исследование показывает практическую возможность, в известных пределах, применения решения плоской задачи отрывного обтекания Кирхгофа-Гельмгольца к осесимметричной задаче истечения жидкости сквозь острые диафрагмы.

Институт механики
Академии Наук СССР

Поступило
25 X 1946

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ О. Kowalke. Industr. and Engineer, No. 2 (1938). ² U. Cisotti, Idromeccanica piana, Милан, 1921.