

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО УГЛА КОНУСНОСТИ КОНФУЗОРА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО ДЛЯ РЕВЕРСИВНО-СТРУЙНОЙ ОЧИСТКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОТ КОРРОЗИИ

**Качанов И.В., Жук А.Н., Веремеюк В.В., Филипчик А.В.,  
Шаталов И.М., Ковалевич В.С.**

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

Наиболее эффективным и универсальным способом очистки металлических поверхностей от коррозии является гидроабразивный способ (ГАО) с реверсивной струйной очисткой (РСО). Основным рабочим элементом установки ГАО с РСО является конфузор [1], позволяющий сформировать струю рабочей жидкости с заданными энергетическими характеристиками. Оптимальный профиль конфузора определяется углом его конусности  $\alpha$ .

С целью математического обоснования оптимального угла конусности  $\alpha$  конфузора струеформирующего устройства была решена вариационная задача по минимизации потерь напора в потоке жидкости, проходящей через конфузор. При расчете конфузора полная потеря напора на трение определялась как сумма двух видов потерь: потерь напора на трение по длине  $h_{mp}$  и местных потерь напора на плавное сужение  $h_{n.c}$ . [2, 3], т. е.

$$h = h_{mp} + h_{n.c} \quad (1)$$

Потеря напора на трение по длине рассчитывалась с использованием формулы Дарси-Вейсбаха, записанной в дифференциальном виде. Для расчета принимался цилиндрический конфузор с прямолинейной образующей и углом  $\alpha$  при вершине (рисунок 1).

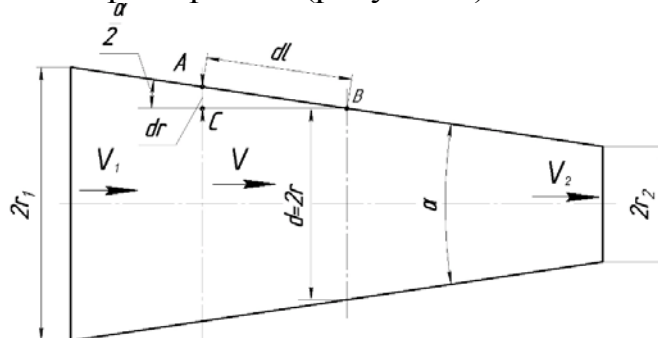


Рисунок 1 – Расчётная схема конфузора, принятая для определения оптимального угла конусности  $\alpha_{opt}$

Для элементарного отрезка конфузора  $dl = \frac{dr}{\sin \alpha/2}$ , можно записать следующую формулу для определения потерь напора на трение по длине:

$$dh_{mp} = \lambda \frac{dl}{2r} \cdot \frac{v^2}{2g} = \left( \frac{0,2326}{r^2} + \frac{55,6}{\sqrt{A} \cdot r^{4,5}} + \frac{7,9927}{A^{0,2135} \cdot r^{4,7865}} \right) \frac{Bdr}{\sin \alpha/2} \quad (2)$$

Гидравлический коэффициент трения  $\lambda$  определялся по формуле П. К. Конакова, а при расчёте местных потерь напора на плавное сужение использовалась классическая формула Вейсбаха [3]:

$$h_{n.c.} = \zeta_{n.c.} \frac{v_2^2}{2g} = \left[ \left( \frac{1}{\varepsilon} - 1 \right)^2 \cdot \left( 0,6(\sin \alpha/2)^{3,45} + \frac{0,0138}{\sin \alpha/2} + 0,13 \right) \right] \cdot \frac{v_2^2}{2g} \quad (3)$$

где  $\zeta_{n.c.}$  – коэффициент гидравлического сопротивления на плавное сужение, который определялся в соответствии с рекомендациями [2, 3].

Тогда зависимость для определения полной потери напора на трение в конфузоре после интегрирования примет следующий вид:

$$h(\alpha) = \frac{C_{mp}}{\sin \alpha/2} + \left( 0,6 \cdot (\sin \alpha/2)^{3,45} + \frac{0,0138}{\sin \alpha/2} + 0,13 \right) \cdot C_n \quad (4)$$

$$\text{где } C_n = \left( \frac{1}{\varepsilon} - 1 \right)^2 \cdot \frac{v_2^2}{2g}; \quad A = \frac{2\rho v_2 \cdot r_2^2}{\mu}; \quad B = \frac{0,00405 \cdot v_2^2 \cdot r_2^4}{g}; \quad B_1 = \frac{0,00405 \cdot v_2^2}{g};$$

$$C_{mp} = B_1 \left[ 0,0582 \cdot (1 - n^4) + \frac{15,886 \cdot (1 - n^{3,5}) \sqrt{r_2}}{\sqrt{A}} + \frac{2,111 \cdot (1 - n^{3,7865}) \cdot r_2^{0,2135}}{A^{0,2135}} \right]$$

В результате исследования на экстремум выражения (4) получим зависимость для определения оптимального угла конусности  $\alpha_{opt}$ :

$$\alpha_{opt} = 2 \arcsin \left( \frac{C_{mp} + 0,0138 C_n}{2,07 C_n} \right)^{\frac{4}{19}} = 2 \arcsin \left( \frac{C_{mp}}{2,07 C_n} + 0,0067 \right)^{\frac{4}{19}} \quad (5)$$

Анализ расчётов (5) показывает, что для конструктивно обоснованных значений параметров, входящих в формулу (5), минимальные потери напора и как следствие, максимальное воздействие струи рабочей жидкости, будет отмечаться при значении угла конусности  $\alpha_{opt} = 39 \div 43^\circ$ .

1. Способы очистки металлических поверхностей: пат. №21512, Респ. Беларусь, МПК В 08В 3/04 / И.В. Качанов, А.Н. Жук, А.В. Филипчик, А.С. Исаенко; дата публ. 30.12.2017.
2. Альтшуль А.Д., Киселев П. Г. Гидравлика и аэродинамика (Основы механики жидкости). – М.: Стройиздат, 1975. – 323с.
3. Альтшуль А.Д., Гидравлические сопротивления. -М.:Недра, 1982. – 224с.