

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ КРИВОЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ КООРДИНАТ ДЛЯ РАСЧЕТА ТЕЧЕНИЯ ГАЗА В ОБРАТНО-НАПРАВЛЯЮЩИХ АППАРАТАХ ЦЕНТРОБЕЖНОГО КОМПРЕССОРА

А.Н. Калашников, Н.В. Калинин

Для расчета параметров потока в поворотном колене (ПК) обратного-направляющего аппарата (ОНА) центробежного компрессора выбрана криволинейная система координат – квазилинии тока S и ортогоналы к ним n . Значения радиусов кривизны линий тока определяются по формуле

$$R_{mi} = R_e + \frac{(b_4 + b_5) \cdot (i - 1)}{2 \cdot (K - 1)}, \quad (1)$$

где i - номер линии тока; K - количество линий тока, принятое для расчета; R_e - радиус внутреннего контура поворотного колена; b_4 и b_5 - ширина ПК на входе и на выходе.

Для определения расстояния между соседними линиями тока вдоль

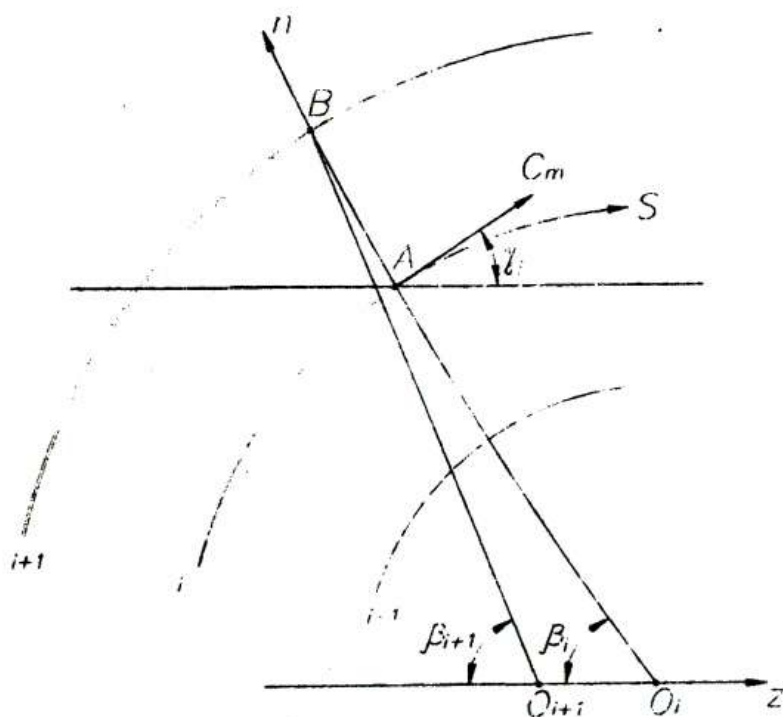


Рисунок – Криволинейная система координат S, n

ортогоналы n рассмотрим треугольник BO_iO_{i+1} (см. рисунок 1). Данное расстояние определяется отрезком $AB = BO_i - AO_i$. Отрезок $AO_i = R_{mi}$ -

радиус кривизны i -ой линии тока. Отрезок $O_i O_{i+1} = z_{ci} - z_{ci+1} = \Delta z_i$ - разность координат центров радиусов кривизны i -ой и $i+1$ -ой линий тока. Отрезок $BO_{i+1} = R_{mi+1}$ - радиус кривизны $i+1$ -ой линии тока. Для треугольника $BO_i O_{i+1}$ по теореме косинусов можно записать

$$BO_{i+1}^2 = BO_i^2 + O_i O_{i+1}^2 - 2 \cdot BO_i \cdot O_i O_{i+1} \cdot \cos \beta_i \quad (2)$$

Величину отрезка BO_i можно найти из этого уравнения:

$$BO_i = \Delta z_i \cdot \cos \beta_i + \sqrt{R_{mi+1}^2 - \Delta z_i^2 \cdot \sin^2 \beta_i}$$

Координата r_{ij} в узловых точках координатной сетки определяется по формуле

$$r_{ij} = r_4 + R_{mi} \cdot \sin(\beta_i).$$

Дифференциальные уравнения движения невязкой жидкости для ядра потока в поворотном колене в проекции на оси S и n имеют вид:

$$\begin{aligned} -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial s} - C_m \cdot \frac{\partial C_m}{\partial s} + \frac{C_u^2}{r} \cdot \sin \gamma &= 0, \\ -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial n} + \frac{C_u^2}{r} \cdot \cos \gamma + \frac{C_m^2}{R_m} &= 0. \end{aligned} \quad (3)$$

Угол $\gamma = 90 - \beta$ и поэтому $\sin \gamma = \cos \beta = \frac{\partial r}{\partial s}$,

$$\cos \gamma = \sin \beta = \frac{\partial r}{\partial n}.$$

Компоненты системы уравнений (3), содержащие давление p , заменяются на компоненты, которые содержат только скорости потока C_m , C_u и их производные. Значения скоростей C_m и C_u могут быть определены путем численного решения системы уравнений (3). Скорость потока газа находится по формуле $C_{ij} = \sqrt{C_{uij}^2 - C_{mij}^2}$, а угол потока $tg(\alpha_{ij}) = \frac{C_{mij}}{C_{uij}}$.

По полученным значениям скоростей могут быть рассчитаны значения давлений в поворотном колене с использованием зависимости:

$$p^* = p + \rho \cdot \frac{C_u^2}{2} + \rho \cdot \frac{C_m^2}{2} = f_1(n). \quad (4)$$