

АЭРОДИНАМИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО С КРИТИЧЕСКИМ РЕЖИМОМ ИСТЕЧЕНИЯ ВОЗДУХА

*Студ. Конопелько Н.М., к.т.н., доц. Москалев Г.И., ст. преп. Шитиков А.В.
Витебский государственный технологический университет*

В условиях рыночной экономики для поддержания производства на должном уровне необходимо повышать конкурентоспособность продукции. Повышение качества выпускаемой продукции и эффективности производства в текстильной промышленности связано с совершенствованием, как технологических процессов, так и оборудования, с помощью которого эти процессы осуществляются.

Одним из направлений совершенствования технологии является повышение производительности труда и оборудования, в частности повышение скоростей обработки волокнистого материала.

С этой целью предлагается методика теоретического расчета геометрических параметров аэродинамического устройства для критического режима истечения воздуха. За основу принята конструкция, известная как сопло Лаваля, представленная на рисунке 1.

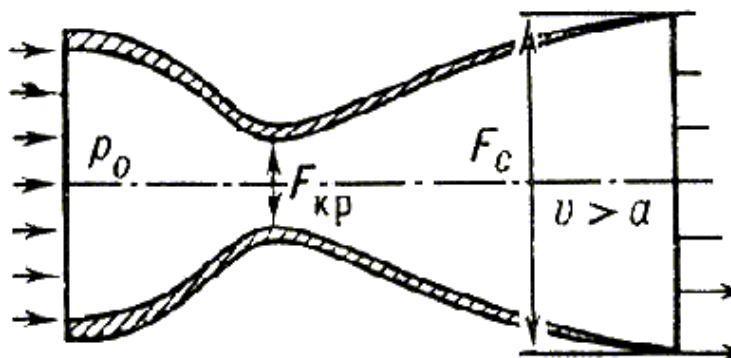


Рисунок 1 – Расчёт параметров газа в критическом сечении

Конструкция данного сопла позволяет достигнуть критических скоростей истечения воздуха, что значительно повышает производительность оборудования. Конструкция форсунки, в которой предлагается достигнуть критической скорости, представлена на рисунке 2.

Рассмотрим последовательность выполнения расчета на конкретном примере – транспортирующей камере аэродинамического устройства, представленной на рисунке 2. Находим газовую постоянную для двухатомного газа:

$$R = \frac{R_0}{\mu} = \frac{8314,3}{32} = 259,82 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}); \quad (1)$$

где μ – молярная масса кислорода.

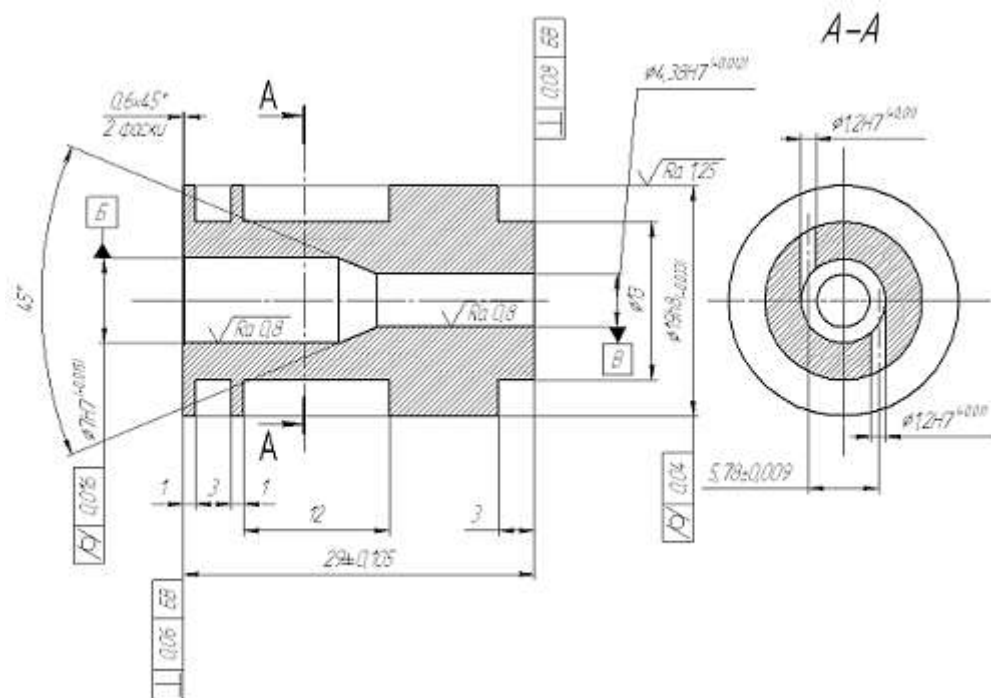


Рисунок 2 – Транспортирующая камера аэродинамического устройства

Из уравнения Менделеева - Клайперона находим плотность газа при полной остановке:

$$\rho_0 = \frac{P_0}{RT_0} = \frac{0.4 * 10^6}{259.82 * 293} = 5.25 \text{ кг / м}^3 \quad (2)$$

Находим скорость звука при полной остановке газа:

$$\alpha_0 = \sqrt{kRT_0} = \sqrt{1.41 * 259.82 * 293} = 327.62 \text{ м/с}; \quad (3)$$

где k – показатель адиабаты, равный 1,41 для двухатомного газа.

Определим скорость звука в критическом сечении:

$$\alpha_{кр} = \alpha_0 \sqrt{\frac{2}{k+1}} = 327.62 \sqrt{\frac{2}{1.41+1}} = 298.45 \text{ м/с}; \quad (4)$$

Максимальную скорость газового потока находим по формуле:

$$W_{\max} = \alpha_0 \sqrt{\frac{2}{k-1}} = 327.62 \sqrt{\frac{2}{1.41-1}} = 723.59 \text{ м/с}; \quad (5)$$

При расчёте будем пользоваться следующими газодинамическими функциями:

$$\tau \equiv \frac{\tau}{\tau_0} = 1 - \frac{k-1}{k+1} \cdot \lambda^2 \quad (6)$$

$$\pi_{кр} = \frac{P}{P_0} = \left(1 - \frac{k-1}{k+1} \cdot \lambda^2\right)^{\frac{k}{k-1}} \quad (7)$$

$$\varepsilon_{кр} = \frac{\rho}{\rho_0} = \left(1 - \frac{k-1}{k+1} \cdot \lambda^2\right)^{\frac{1}{k-1}} \quad (8)$$

В критическом сечении коэффициент скорости $W_{кр}$ и число Маха $M_{кр}$ равны единице:

$$\lambda_{кр} = \frac{W_{кр}}{a_{кр}} = 1, \text{ откуда находим скорость газового потока в критическом сечении.}$$

Используя газодинамическую функцию $\tau(\lambda)$, находим температуру газа в критическом сечении:

$$T_{кр} = T_0 \left(1 - \frac{k-1}{k+1} \cdot \lambda_{кр}^2\right) = 293 \left(1 - \frac{1,41-1}{1,41+1} \cdot 1^2\right) = 243,66 \text{ К}; \quad (9)$$

Рассчитаем давление газа в критическом сечении, используя газодинамическую функцию $\pi(\lambda)$:

$$P_{кр} = P_0 \left(1 - \frac{k-1}{k+1} \lambda_{кр}^2\right)^{\frac{k}{k-1}} = 0,4 * 10^6 \left(1 - \frac{1,41-1}{1,41+1} 1^2\right)^{\frac{1,41}{1,41-1}} = 0,21 * 10^6 \text{ Па}; \quad (10)$$

Найдём плотность газа в критическом сечении, используя газодинамическую функцию $\varepsilon(\lambda)$:

$$\rho_{кр} = \rho_0 \left(1 - \frac{k-1}{k+1} \lambda_{кр}^2\right)^{\frac{1}{k-1}} = 5,25 \left(1 - \frac{1,41-1}{1,41+1} 1^2\right)^{\frac{1,41}{1,41-1}} = 3,36 \text{ кг/м}^3; \quad (12)$$

Из уравнения неразрывности потока находим площадь критического сечения:

$$F_{кр} = \frac{m}{\rho_{кр} W_{кр}} = \frac{7,5}{3,36 * 298,45} = 0,0006 \text{ м}^2; \quad (13)$$

Находим диаметр критического сечения:

$$d_{кр} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{кр}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0006}{3,1415}} = 0,00275 \text{ м}; \quad (14)$$

Вывод: теоретически определены конструктивные параметры аэродинамического устройства, позволяющие работать в критическом режиме истечения газа, что значительно увеличивает производительность оборудования.