

Лабораторная работа

Истечение газов из сопла Лаваля

Цель работы: Определение входных и выходных параметров сопла, определение располагаемой работы сопла Лаваля.

Требуется определить:

1. Параметры на входе, выходе и в критическом сечении сопла;
2. Критическую скорость и скорость истечения;
3. Геометрические размеры сопла
4. Располагаемую работу
5. Построить графики изменения v , P и T по длине сопла.

Расчет течения произвести без учета сопротивлений.

Таблица 1. Исходные данные для расчета сопла. Исходный вариант - 0 7

Газ	Начальное давление, Р ₀ бар	Температура на входе, Т _{вх} , °С	Начальная скорость, ω_1 , м/с	Давление на выходе, бар	Расход газа, G, кг/ч	Температура на выходе, Т _{вых} , °С	Угол наклона расширяющейся части сопла, град
CO	16	1300	60	1,1	2600	36	7

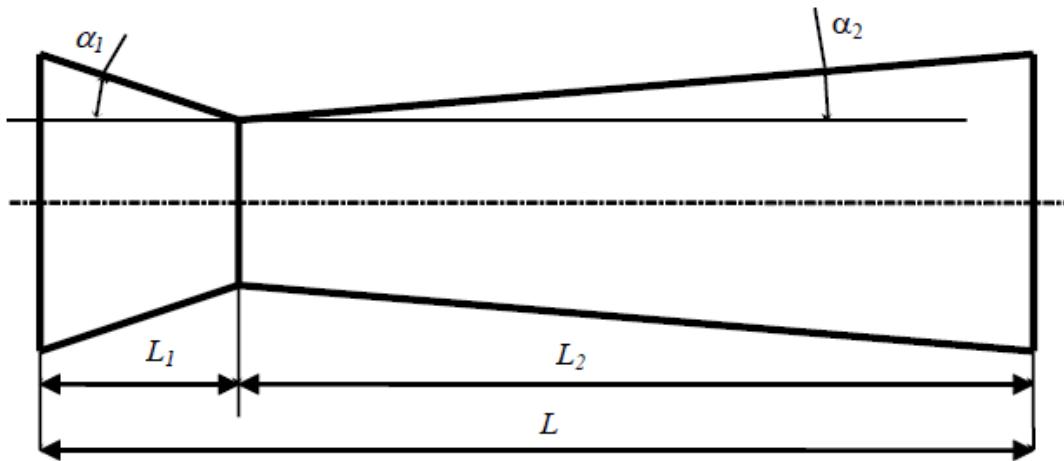


Рис. 1. Схема сопла Лаваля

Расчет.

1. Определим плотность газа на входе в сопло

$$\rho_{\text{вх}} = \frac{P_0 \cdot 10^5}{R \cdot (T_{\text{вх}} + 273)} = \frac{16 \cdot 10^5}{296.9 \cdot (1300 + 273)} = 3.426 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

2. Определим давление в критическом сечении сопла

$$P_{kp} = P_0 \cdot 10^5 \cdot \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}} = 16 \cdot 10^5 \cdot \left(\frac{2}{1.4+1} \right)^{\frac{1.4}{1.4-1}} = 8.453 \times 10^5 \quad \text{Pa}$$

3. Определим плотность газа на выходе из сопла

$$\rho_{вых} = \frac{\rho_{вх}}{\left(\frac{P_0}{P_{вых}} \right)^{\frac{1}{k}}} = \frac{3.426}{\left(\frac{16}{1.1} \right)^{\frac{1.4}{1.4-1}}} = 0.5061 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

4. Определим температуру на выходе из сопла

$$T_{вых} = \frac{P_{вых} \cdot 10^5}{\rho_{вых} \cdot R} = \frac{1.1 \cdot 10^5}{0.5061 \cdot 296.9} = 732.1 \quad \text{K}$$

5. Определим плотность газа в критическом сечении

$$\rho_{kp} = \frac{\rho_{вх}}{\left(\frac{P_0}{P_{kp}} \right)^{\frac{1}{k}}} = \frac{3.426}{\left(\frac{16}{8.4525} \right)^{\frac{1.4}{1.4-1}}} = 2.172 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

6. Определим температуру в критическом сечении

$$T_{kp} = \frac{P_{kp} \cdot 10^5}{\rho_{kp} \cdot R} = \frac{8.4525 \cdot 10^5}{2.172 \cdot 296.9} = 1311.0 \quad \text{K}$$

7. Определим скорость на выходе из сопла

$$w_{вых} = \sqrt{2 \cdot \frac{k}{k-1} \cdot R \cdot (T_{вх} + 273) \cdot \left[1 - \left(\frac{P_{вых}}{P_0} \right)^{\frac{k}{k-1}} \right]}$$

$$w_{вых} = \sqrt{2 \cdot \frac{1.4}{1.4-1} \cdot 296.9 \cdot (1300 + 273) \cdot \left[1 - \left(\frac{1.1}{16} \right)^{\frac{1.4}{1.4-1}} \right]} = 1.808 \times 10^3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

8. Определим критическую скорость потока газа

$$w_{kp} = \sqrt{k \cdot R \cdot T_{kp}} = \sqrt{1.4 \cdot 296.9 \cdot 1311.0} = 738.19 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

9. Определим площади сечений

$$F_{kp} = \frac{G}{\rho_{kp} \cdot w_{kp}} = \frac{2600}{2.172 \cdot 738.19} = 1.622$$

$$F_{6x} = \frac{G}{\rho_{6x} \cdot w_I} = \frac{2600}{3.426 \cdot 60} = 12.65$$

$$F_{вых} = \frac{G}{\rho_{вых} \cdot w_{вых}} = \frac{2600}{0.5061 \cdot 1808.0} = 2.841$$

10. Определяем диаметры сечений

$$d_{kp} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{kp}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1.622}{\pi}} = 1.437 \quad \text{м}$$

$$d_{6x} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{6x}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 12.65}{\pi}} = 4.013 \quad \text{м}$$

$$d_{вых} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{вых}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2.841}{\pi}} = 1.902 \quad \text{м}$$

11. Определим длины суживающегося и расширяющегося участков сопла

$$L_1 = \frac{d_{6x} - d_{kp}}{2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha_1)} = \frac{4.013 - 1.437}{2 \cdot \tan(15^\circ)} = 4.807$$

$$L_2 = \frac{d_{6x} - d_{kp}}{2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha)} = \frac{4.013 - 1.437}{2 \cdot \tan(7^\circ)} = 10.49$$

12. Определим располагаемую работу

$$l_{расн} = \frac{w_{вых}^2 - w_I^2}{2} = \frac{1808.0^2 - 60^2}{2} = 1.633 \times 10^6 \quad \text{Дж}$$

По расчитанным данным строим графики

