

Отчет о выполнении лабораторной работы
Определение вязкости воздуха по скорости течения
через тонкие трубки

Лепарский Роман

24 апреля 2021 г.

1 Аннотация

Цель работы: экспериментально исследовать свойства течения газов по тонким трубкам при различных числах Рейнольдса; выявить область применимости закона Пуазейля и с его помощью определить коэффициент вязкости воздуха.

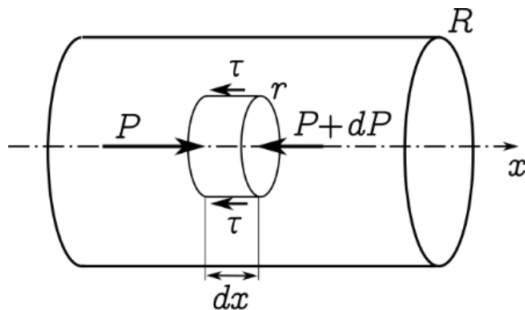
2 Теоретические сведения

В данной работе нам предлагается исследовать течение газа через тонкие трубки. Характер этого течения определяется числом Рейнольдса:

$$Re = \frac{\rho u a}{\eta} \quad (1)$$

Экспериментально установлено, что в рамках данного опыта критическое число Рейнольдса $Re_{кр}$ ниже которого поток можно считать ламинарным равно 10^3

Найдем характерные для этого течения величины.



Для стационарного течения справедливо:

$$\begin{aligned} F_{1x} &= -dP \cdot \pi r^2 \\ F_{2x} &= -\tau \cdot 2\pi r dx \\ \tau &= -\eta \frac{du}{dr} \end{aligned}$$

Из этих уравнений:

$$\frac{dp}{dx} = -\eta \frac{2}{r} \frac{du}{dr} \quad (2)$$

Левая часть уравнения является градиентом давления, а правая не зависит от x . Поэтому справедливы следующие утверждения:

$$P(x) = P_0 - \frac{\Delta P}{l}x \quad (3)$$

$$u(r) = u_{max} - \frac{\Delta P}{4l}r^2 \quad (4)$$

Если принять, что скорость газа вблизи стенок равна нулю, получим:

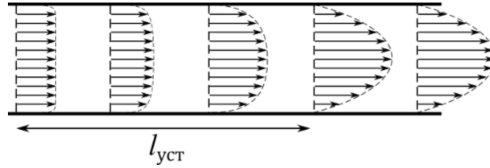
$$u(r) = \frac{\Delta P}{4l}(R^2 - r^2)$$

Теперь можно получить формулу объемного расхода:

$$Q = \int_0^R u(r) \cdot 2\pi r dr = \frac{\pi R^4 \Delta P}{8\eta l} \quad (5)$$

Формула Пуазейля (5) позволяет найти вязкость газа по зависимости расхода от перепада давления в трубе и используется в качестве основной расчётной формулы в данной работе.

Параболический профиль течения устанавливается не сразу, а только на некотором расстоянии $l_{уст} \approx 0,2R \cdot Re$



Экспериментально длину установления можно определить, измеряя распределение давления вдоль трубки $P(x)$. На неустановившемся участке будет наблюдаться отклонение от линейного закона.

Коэффициент вязкости идеального газа можно описать следующей формулой:

$$\eta \sim \frac{1}{3}\rho\bar{v}\lambda \quad (6)$$

Для турбулентного течения в рамках некоторой теоретической модели можно получить соотношение

$$Q = \pi R^2 \bar{u} \sim R^{5/2} \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho l}} \quad (7)$$

3 Экспериментальная установка

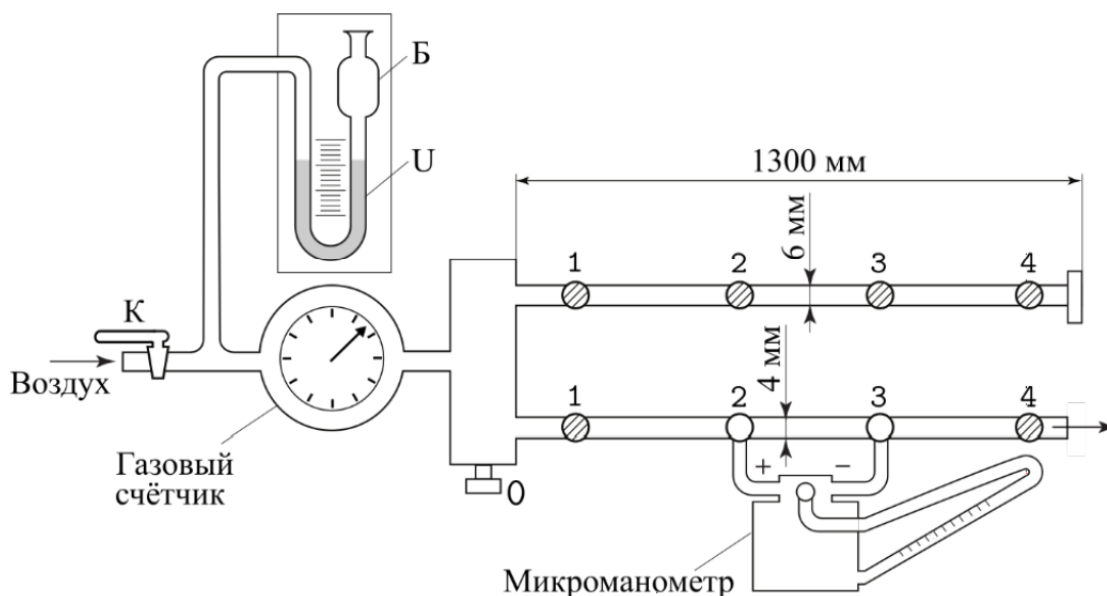


Рис. 1: Схема установки

Поток воздуха под давлением, немного превышающим атмосферное, поступает через газовый счётчик в тонкие металлические трубки. Воздух нагнетается компрессором, интенсивность его подачи регулируется краном К. Трубки снабжены съёмными заглушками на концах и рядом миллиметровых отверстий, к которым можно подключать микроманометр. В рабочем состоянии открыта заглушка на одной (рабочей) трубке, микроманометр подключён к двум её выводам, а все остальные отверстия плотно закрыты пробками.

4 Приборы и материалы

В работе используются:

- Система подачи воздуха;
- Газовый счетчик барабанного типа;
- Спиртовой микроманометр с регулируемым наклоном;
- Набор трубок различного диаметра с выходами для подсоединения микроманометра;
- Секундомер.

5 Обработка результатов

6 Вывод