

Работа 1.16

Определение скорости движения воздушного потока в трубке Вентури

Оборудование: трубка Вентури, пылесос с переходным кольцом, линейка, штангенциркуль.

Введение

Идеальной называют невязкую и несжимаемую жидкость. Движение жидкости можно изобразить при помощи *линий тока*, мысленно проведенных так, чтобы в каждой точке в один и тот же момент времени скорости частиц были направлены по касательной. Движение жидкости, при котором картина линий тока не изменяется с течением времени, называют *устойчивым* или *стационарным*. При устойчивом движении линии тока являются в то же время и *траекториями* частиц. *Трубкой тока* называют мысленно выбранную часть потока, боковая поверхность которой составлена из линий тока (рис. 1.48).

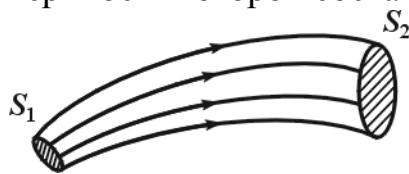


Рис. 1.48

При установившемся течении жидкости через поперечное сечение трубки тока в единицу времени проходит одна и та же масса жидкости:

$$\rho_1 v_1 S_1 = \rho_2 v_2 S_2,$$

где ρ_1 и ρ_2 — плотности, v_1 и v_2 — скорости жидкости в сечениях S_1 и S_2 одной и той же трубки тока.

Поскольку для несжимаемой жидкости $\rho_1 = \rho_2$, то $v_1 S_1 = v_2 S_2$. Полученное соотношение называют *уравнением неразрывности струи*.

В установившемся потоке идеальной жидкости полное давление, которое состоит из *динамического* $\rho v^2/2$, *гидростатического* ρgh и *статического* (внешнего) P , одинаково для любого поперечного сечения трубки тока:

$$\frac{\rho v^2}{2} + \rho gh + p = \text{const}.$$

Это соотношение называют *уравнением Бернулли*. Как показывает опыт, оно достаточно хорошо выполняется и для реальных жидкостей, внутреннее трение в которых не очень велико.

Целью работы является определение скорости движения воздушного потока в широком и узком сечениях трубки Вентури.

Описание метода и установки. На подставке (рис. 1.49) закреплена стеклянная трубка переменного сечения (*трубка Вентури*). Резиновая трубка с переходным кольцом соединяет прибор с пылесосом. Разность давлений Δp , создаваем

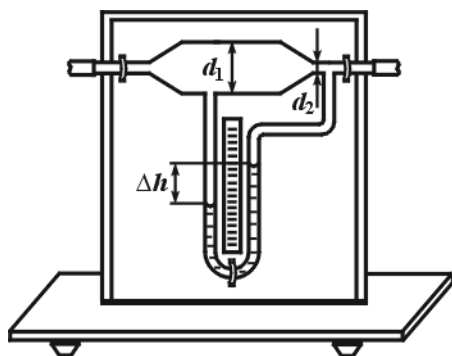


Рис. 1.49

мая струей воздуха в широкой и узкой частях трубки, измеряется при помощи U-образного манометра, наполненного водой.

На основании законов движения идеальной жидкости можно определить скорость воздушного потока в трубке переменного сечения. Для горизонтально расположенной трубки уравнение Бернулли имеет вид:

$$\frac{\rho v_1^2}{2} + p_1 = \frac{\rho v_2^2}{2} + p_2,$$

или

$$\Delta p = p_1 - p_2 = \frac{\rho v_2^2}{2} - \frac{\rho v_1^2}{2}, \quad (1)$$

где ρ — плотность воздуха.

В соответствии с теоремой о неразрывности струи

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{S_2}{S_1} = \frac{d_2^2}{d_1^2}, \quad (2)$$

где d_1 и d_2 — диаметры трубки в широкой и узкой частях. Разность давлений в широком и узком сечениях можно определить по разности высот жидкости в манометрических трубках:

$$\Delta p = \rho_{\text{в}} g \Delta h, \quad (3)$$

где $\rho_{\text{в}}$ — плотность воды.

Из уравнений (1) — (3) получим формулы для определения скорости воздушного потока в широкой и узкой частях трубки:

$$v_1 = d_2^2 \sqrt{\frac{2\rho_{\text{в}} g \Delta h}{\rho (d_1^4 - d_2^4)}} \quad \text{и} \quad v_2 = d_1^2 \sqrt{\frac{2\rho_{\text{в}} g \Delta h}{\rho (d_1^4 - d_2^4)}}. \quad (4)$$

Порядок выполнения работы

1. При помощи регулировочных винтов установите трубку в горизонтальное положение.
2. Измерьте диаметр широкого d_1 и узкого d_2 сечений трубки (с учетом толщины стекла).
3. Включите пылесос и измерьте разность давлений в широком и узком сечениях трубки (разность уровней манометра).
4. Рассчитайте скорости v_1 и v_2 в широкой и узкой частях трубки.
5. Рассчитайте предельные погрешности определения скоростей по формулам:

$$\frac{\Delta v_1}{v_1} = \frac{2\Delta d_2}{d_2} + \frac{\Delta(\Delta h)}{2\Delta h} + \frac{2d_1^3\Delta d_1 + 2d_2^3\Delta d_2}{d_1^4 - d_2^4},$$

$$\frac{\Delta v_2}{v_2} = \frac{2\Delta d_1}{d_1} + \frac{\Delta(\Delta h)}{2\Delta h} + \frac{2d_1^3\Delta d_1 + 2d_2^3\Delta d_2}{d_1^4 - d_2^4}.$$

6. Результаты запишите в таблицу:

№ п/п	d_1 , мм	d_2 , мм	Δh , мм	$\bar{v}_1 \pm \Delta v$, м/с	$\bar{v}_2 \pm \Delta v$, м/с
-------	------------	------------	-----------------	--------------------------------	--------------------------------



КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какую жидкость называют идеальной, реальной?
2. Что называют линиями тока, трубкой тока, стационарным потоком?
3. Из каких физических предпосылок следует уравнение неразрывности? Какой вид оно имеет для несжимаемой жидкости?
4. Каков физический смысл слагаемых в уравнении Бернулли?
5. Какой фундаментальный закон отражает это уравнение для жидкости?
6. Как можно измерить давление внутри движущейся жидкости?
7. Как найти силу давления на боковую стенку сосуда с жидкостью?