

Лабораторная работа 1.3.3  
Определение вязкости воздуха по скорости течения  
через тонкие трубки

Вячеслав Ждановский, студент 611 группы ФРКТ

Шамиль Вагабов, студент 611 группы ФРКТ

Станислав Токарев, студент 611 группы ФРКТ

20 февраля 2017 г.

**Цель работы:** экспериментально выявить участок сформированного течения, определить режимы ламинарного и турбулентного течения; определить число Рейнольдса.

**В работе используются:** металлические трубки, укрепленные на горизонтальной подставке; газовый счетчик; микроманометр типа ММН; стеклянная U-образная трубка; секундомер.

## 1 Теоретическая часть

Характер движения газа (или жидкости) в трубке определяется безразмерным числом Рейнольдса:

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

где  $v$  - скорость потока,  $r$  - радиус трубки,  $\rho$  - плотность движущейся среды,  $\eta$  - её вязкость. При ламинарном течении объем газа  $V$ , протекающий за время  $t$  по трубе длиной  $l$ , определяется формулой Пуазейля:

$$Q_v = \frac{\pi r^4}{8l\eta}(P_1 - P_2) \quad (2)$$

## 2 Схема экспериментальной установки

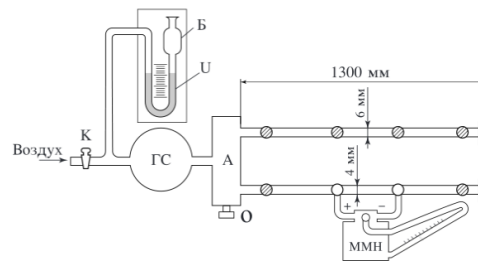


Рис. 1: Схема экспериментальной установки

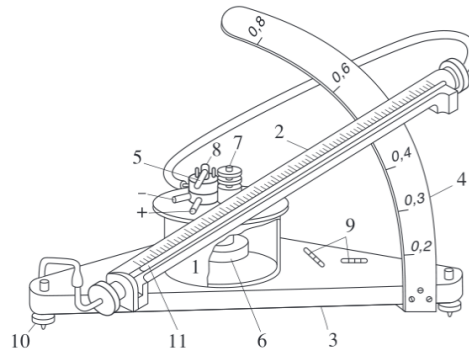


Рис. 2: Микрометрический манометр типа ММН

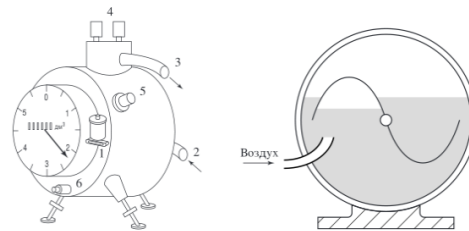


Рис. 3: Внешний вид и схема устройства газового счетчика

### 3 Ход работы

#### 3.1 Оценим расстояние, на котором происходит формирование потока при ламинарном течении

$$a \approx 0,2r \cdot Re \quad (3)$$

Трубка №1

$$d = 3,55 \pm 0,05 \text{ мм} \quad (4)$$

$$r = \frac{d}{2} = 1,78 \pm 0,05 \text{ мм} \quad (5)$$

$$a \approx 0,2 \cdot 1,78 \cdot 1000 \text{ мм} = 356 \text{ мм} \approx 0,35 \text{ м} \quad (6)$$

Трубка №2

$$d = 5,00 \pm 0,05 \text{ мм} \quad (7)$$

$$r = \frac{d}{2} = 2,50 \pm 0,05 \text{ мм} \quad (8)$$

$$a \approx 0,2 \cdot 2,5 \cdot 1000 \text{ мм} = 500 \text{ мм} = 0,5 \text{ м} \quad (9)$$

### Трубка №3

$$d = 3,0 \pm 0,1 \text{ мм} \quad (10)$$

$$r = \frac{d}{2} = 1,5 \pm 0,1 \text{ мм} \quad (11)$$

$$a \approx 0,2 \cdot 1,5 \cdot 1000 \text{ мм} = 300 \text{ мм} = 0,3 \text{ м} \quad (12)$$

### 3.2 Заполним таблицу измерений

Медленно открывая кран, будем записывать показания микроманометра и газового счетчика.

$$\Delta P = k\rho gh \quad (13)$$

$$\rho = 0,8095 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}, \quad g = 9,81 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}, \quad k = 0,2 \quad (14)$$

d, мм	h, мм	l, см	$\Delta P$ , Па	$\Delta V$ , дм <sup>3</sup>	t, с	Q, $\frac{\text{дм}^3}{\text{с}}$
$3,55 \pm 0,05$	146	50	231	5	42	0,12
	236	50	375	4	29	0,14
	203	90	322	3	30	0,10
	265	90	420	7	61	0,11
	119	120	189	3	53	0,06
	217	120	345	5	55	0,10
	164	131	260	3	45,5	0,06
	245	131	389	2	24	0,08
$5,00 \pm 0,05$	25	50	140	2	18	0,11
	65	50	103	2	12	0,17
	25	40	40	2	17	0,12
	50	40	80	2	16	0,125
	15	30	24	2	21	0,10
	35	30	56	2	12	0,17
	37	70	59	2	21	0,10
	74	70	118	2	13	0,15
	64	120	102	2	19	0,10
	170	120	270	2	12	0,17
$3 \pm 0,1$	35	20	?	2	22	0,10
	120	20	191	2	11	0,18
	30	26	48	2	50	0,04
	132	26	209	2	18	0,11
	28	46	44	2	66	0,03
	168	46	267	2	20	0,10

Таблица 1: Измерения зависимости  $\Delta P$  от Q

### 3.3 Найдём вязкость

$$Q = \frac{\Delta V}{t} = \frac{\pi r^4}{8l\eta} \Delta P \rightarrow \eta = \frac{\pi r^4 t \Delta P}{8l \Delta V} \quad (15)$$

Вычислив и усреднив, получаем:

$$\eta = 16,3 \text{ Па} \cdot \text{с} \quad (16)$$

## 4 Графики

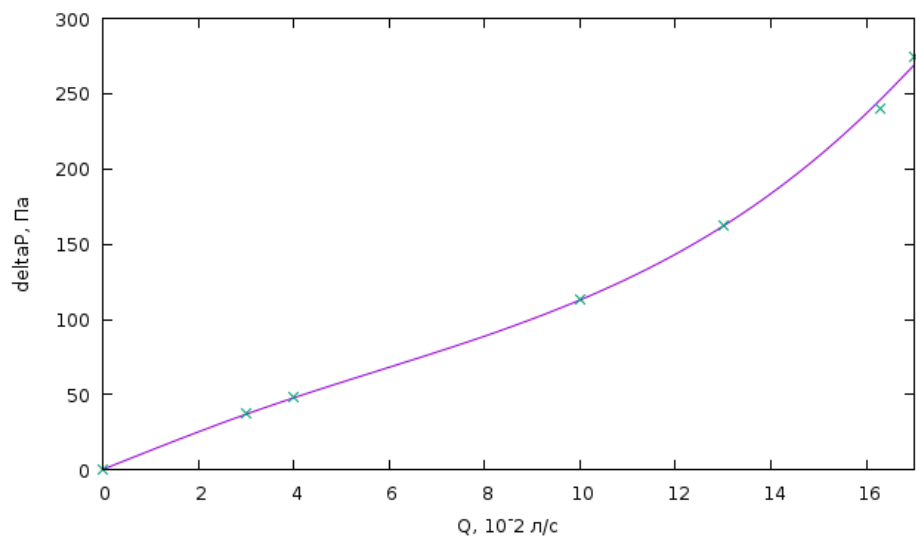


Рис. 4: Зависимость  $\Delta P$  от  $Q$

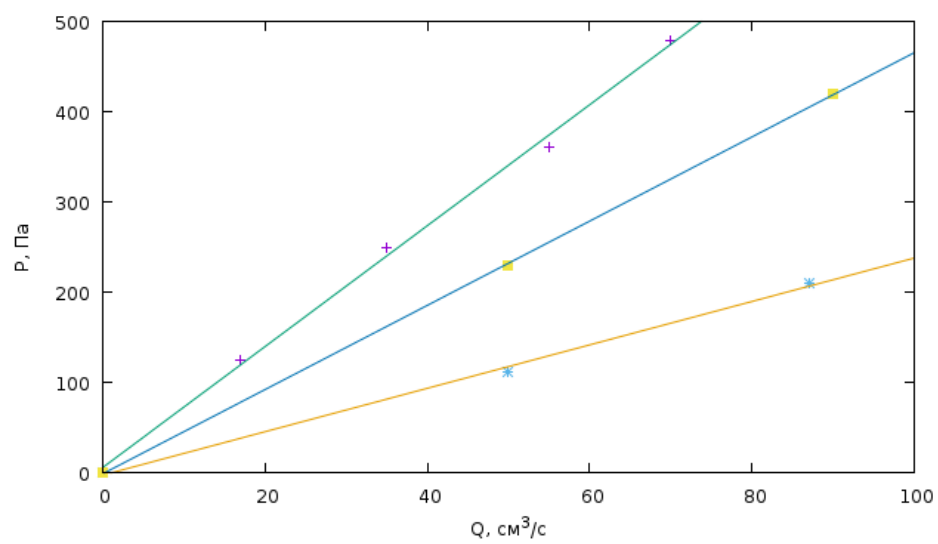


Рис. 5: Зависимость  $P$  от  $Q$