



**НТЦ-22.05.3  
ОПРЕДЕЛЕНИЕ  
КОЭФФИЦИЕНТА ВЯЗКОСТИ  
ВОЗДУХА**

Методические рекомендации  
по выполнению  
лабораторных работ

улица Гришина, 94В,  
212000, г. Могилев,  
Республика Беларусь  
тел/факс (+375 -222) 78-14-14,  
78-37-37

E-mail: [ntp@ntpcentr.com](mailto:ntp@ntpcentr.com)  
[www.ntpcentr.com](http://www.ntpcentr.com)

## ОПИСАНИЕ УЧЕБНОГО ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

Учебный лабораторный стенд предназначен для проведения лабораторных работ по дисциплине “Физика” и позволяет экспериментально определять коэффициент вязкости воздуха капиллярным методом.

Конструктивно стенд состоит из:

- лабораторная установка для определения коэффициента вязкости воздуха;
- контрольно-измерительный блок.

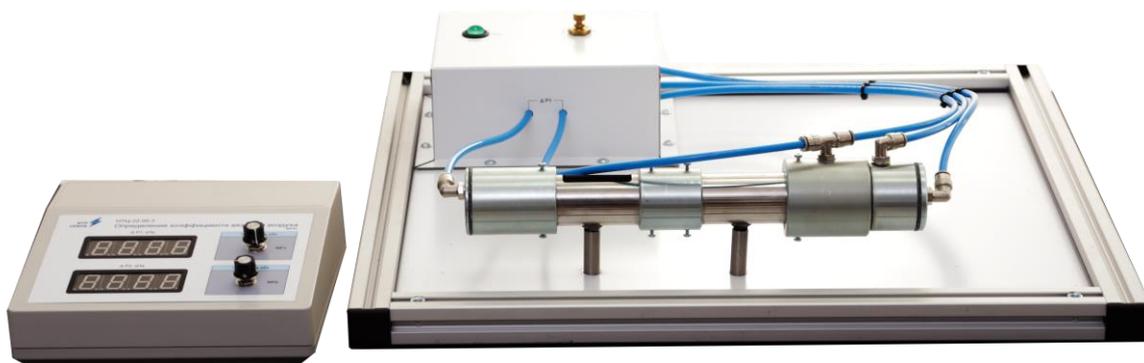


Рисунок 1 – Внешний вид стенда

Лабораторная установка собрана на базе сборного алюминиевого основания. На него установлена стальная цилиндрическая емкость с вырезом в верхней части. В конструкции предусмотрены штуцеры для подключения трубок, установлены дифференциальные датчики давления.

На металлическом основании так же установлен компрессор с регулятором расхода. Он подключен трубками к пневматической схеме установки.

Электрические провода от датчиков и питания компрессора собраны в один кабель, подключаемый к контрольно-измерительному блоку.

На лицевой панели контрольно-измерительного блока расположены два цифровых табло измерительной системы, регулятор «Установка «0»» для установки нулевых показаний на табло.

Контрольно-измерительный блок имеет сетевой шнур для подключения к однофазной сети.

Контрольно-измерительная система позволяет одновременно измерять две разницы давлений для определения расхода воздуха и коэффициента вязкости.



## ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ СО СТЕНДОМ

1. Подключите кабель от лабораторной установки к контрольно-измерительному блоку в соответствующий разъем X1.
2. Вилку сетевого кабеля питания от контрольно-измерительного блока включите в розетку электросети 220В, 50Гц.
3. Включите клавишным выключателем «220 В» на тыльной стороне контрольно-измерительного блока питание установки – загорятся цифровые табло. После включения на индикаторах могут отображаться показания отличные от нуля.
4. Регуляторами RP1 и RP2 «Установка «0»» установите нулевые (или близкие к нулю) показания на индикаторах «ΔP1» и «ΔP2».

## ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ НА СТЕНДЕ

Лабораторная работа №1	5
▶ Определение коэффициента вязкости воздуха	5



## Лабораторная работа №1

### Определение коэффициента вязкости воздуха



#### Цель работы

- ✓ Получение практических навыков по определению коэффициента вязкости воздуха.



#### Теоретическая справка

В неоднородном потоке газа (жидкости) между соседними слоями, движущимися с различными скоростями, действуют силы вязкого трения, которые тормозят более быстрый слой и ускоряют медленный. На молекулярном уровне силы вязкого трения связаны с переносом упорядоченного импульса между слоями газа. Для потока, скорость которого направлена вдоль оси  $x$  и зависит от координаты  $y$  (рисунок 1.1), т.е.  $u_x = u_x(y)$ , сила вязкого трения определяется формулой:

$$F = \eta S \left| \frac{dv_x}{dy} \right| \quad (1.1)$$

где  $S$  – площадь взаимодействующих слоев;  
 $\eta$  – коэффициент вязкости.

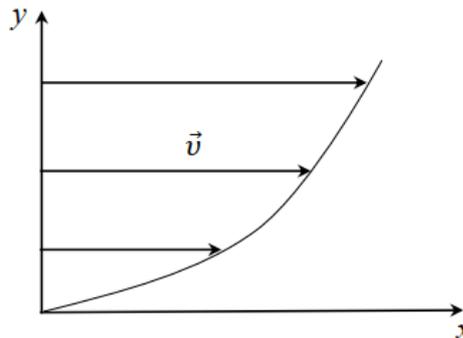


Рисунок 1.1 – Неоднородный поток газа

В системе СГС коэффициент вязкости измеряется в пуазах (П) и имеет размерность  $\text{г}/(\text{см}\cdot\text{с})$ .

Коэффициент вязкости можно измерить, исследуя течение газа через цилиндрическую трубку малого сечения (капилляр). При ламинарном течении газа по капилляру связь между разностью давлений газа  $\Delta p$  на концах капилляра и объемом  $Q$  газа, протекающим через капилляр в единицу времени (расходом газа), дается **формулой Пуазейля**:

$$Q = \frac{\pi R^4}{8\eta L} \Delta p \quad (1.2)$$

где  $R$  – радиус капилляра;  
 $L$  – его длина.

Измеряя на опыте  $Q$  и  $\Delta p$ , по формуле (1.2) можно определить (при известных значениях  $R$  и  $L$ ) коэффициент вязкости  $\eta$ .



## Практическая часть

### Порядок подготовки к работе:

- Для проведения лабораторной работы разместите на столе лабораторную установку и контрольно-измерительный блок.
- Подготовьте стенд к работе согласно п. «Подготовка к работе со стендом».

### ⚙️ Определение коэффициента вязкости воздуха

1. Включите питание компрессора клавишным выключателем «SA2» на лицевой панели лабораторной установки.
2. После проведения операций согласно порядку подготовки к работе (установлены нулевые показания на табло « $\Delta P_1$ » и « $\Delta P_2$ ») установите с помощью регулятора расхода воздуха «ВН1» значение  $\Delta P_1 = 3$  кПа. Дождитесь установившихся показаний на табло. Зафиксируйте показания индикаторов  $\Delta P_1$ ,  $\Delta P_2$ . Данные занесите в таблицу 1.1.
3. С помощью регулятора расхода воздуха компрессора установите  $\Delta P_1 = 2,5$  кПа. Дождитесь установившихся показаний на табло. Зафиксируйте показания индикатора  $\Delta P_2$ . Опыт повторите 2-3 раза для различных значений расхода воздуха  $\Delta P_1$  в диапазоне от 2,5 до 1,5 кПа. Данные занесите в таблицу 1.1.
4. Сравните полученные значения с табличными (таблица 1.2).

### Обработка результатов эксперимента

Таблица 1.1 – Результаты вычислений и измерений

№ эксперимента	$\Delta P_1$ , кПа	$\Delta P_2$ , Па	$\mu$	$Q$ , м <sup>3</sup> /с	$\eta$ , Па·с
1					
2					
3					
4					
5					

Таблица 1.2 - Динамическая и кинематическая вязкость воздуха при нормальном атмосферном давлении и различной температуре

Температура	Динамическая вязкость	Кинематическая вязкость
°С	(Н·с/м <sup>2</sup> ) × 10 <sup>-5</sup>	(м <sup>2</sup> /с) × 10 <sup>-5</sup>
-20	1,63	1,17
0	1,71	1,32
5	1,73	1,36
10	1,76	1,41
15	1,80	1,47
20	1,82	1,51
25	1,85	1,56
30	1,86	1,60



1. Рассчитайте значения расхода и вязкости на основе полученных данных. Конструктивные данные установки для расчетов:
  - внутренний диаметр трубы установки - 35 мм;
  - диаметр канала иглы – 0,84 мм;
  - длина иглы – 90 мм;
  - диаметр отверстия диафрагмы – 1,3 мм.
2. Расход воздуха  $Q$  через диафрагменный расходомер ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) рассчитывается по формуле:

$$Q = \mu S_{\text{отв.}} \sqrt{\frac{2\Delta P_2 / \rho}{1 - \left(\frac{S_{\text{отв.}}}{S_{\text{тр.}}}\right)^2}} \quad (1.1)$$

где  $\mu$  – коэффициент расхода, учитывающий неравномерное распределение скоростей по сечению потока и расширения перемещаемой среды. Значение коэффициента  $\mu$  зависит от величины перепада давления  $\Delta P_2$ , и находится из экспериментального графика на рисунке 1.1.

$S_{\text{отв.}}$  – площадь отверстия в диафрагме,  $\text{м}^2$ ;

$S_{\text{тр.}}$  – площадь трубы,  $\text{м}^2$ ;

$\rho$  – плотность воздуха,  $1,204 \text{ кг}/\text{м}^3$ ;

$\Delta P_2$  – показания на цифровом табло, Па.

3. Динамическая вязкость воздуха (Па·с) рассчитывается по формуле:

$$\eta = \frac{\pi R^4 \Delta P_1}{8LQ} \quad (1.2)$$

где  $R$  – радиус канала иглы, м;

$\Delta P_1$  – показания на цифровом табло, Па;

$L$  – длина иглы, м.

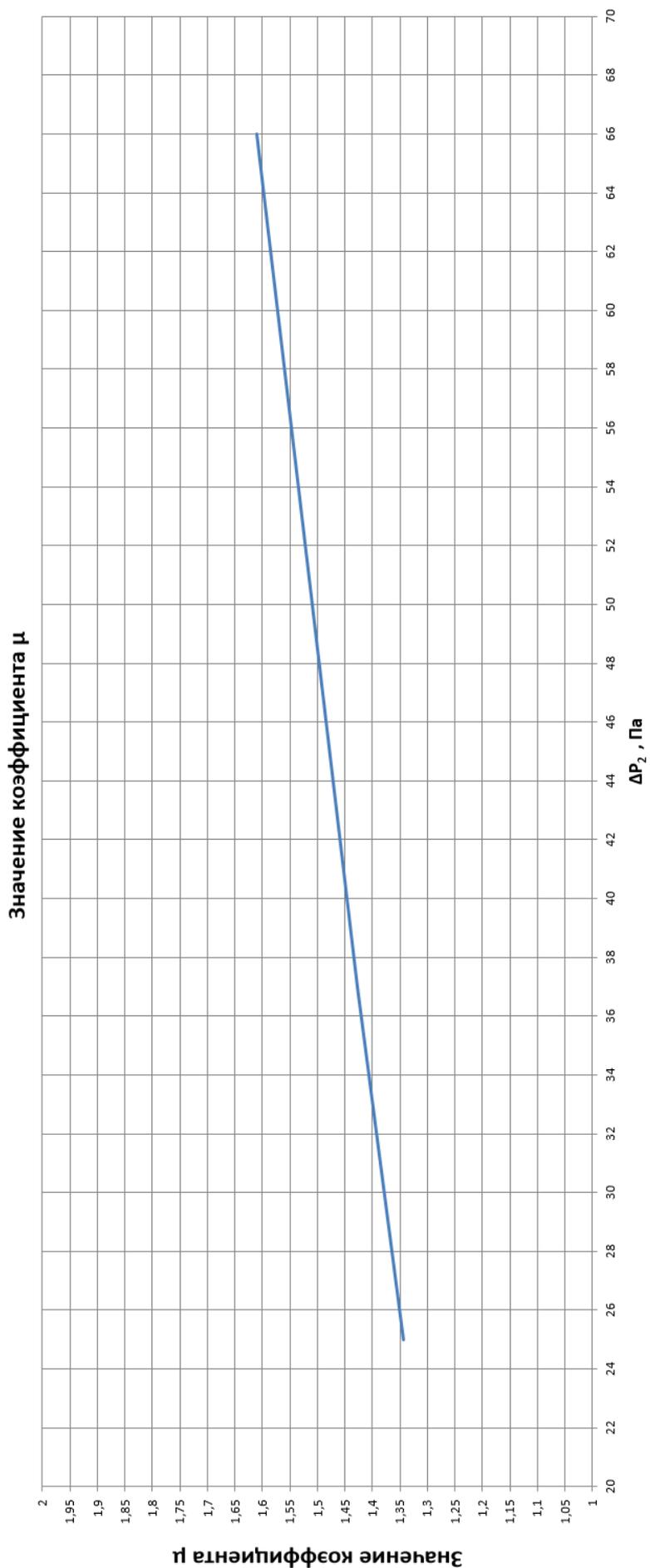


Рисунок 1.1 - Значение коэффициента расхода

**Порядок завершения работы:**

- По окончании эксперимента выключите компрессор с помощью тумблера «SA2».
- Отключите стенд от сети.

**Контрольные вопросы**

1. От чего зависит коэффициент вязкости воздуха?