

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)  
ФИЗТЕХ-ШКОЛА РАДИОТЕХНИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

---

Лабораторная работа 2.3.1А

**Современные средства получения и измерения  
вакуума**

---

Устюжанина Мария  
Группа Б01-107

**Цель работы:** Изучить принципы получения и измерения вакуума в экспериментальном стенде.

**В работе используются:** компактный высоковакуумный откачной пост Edwards серии EXPT, вакуумметр Edwards и вакуумные компоненты типа ISO-KF.

## 1 Введение.

В данной работе используются 2 насоса: пластинчато-роторный и турбомолекулярный.

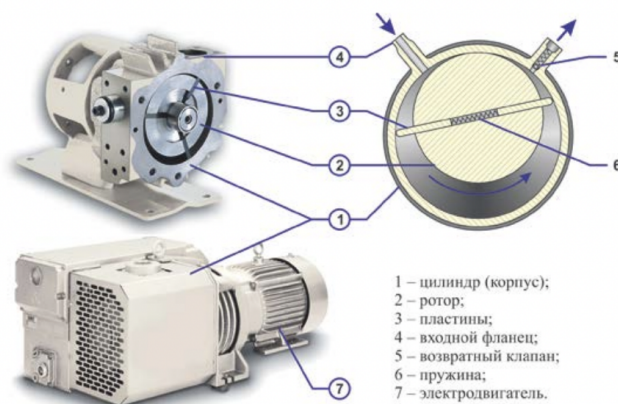


Рис. 1: Конструкция одноступенчатого пластинчато-роторного насоса

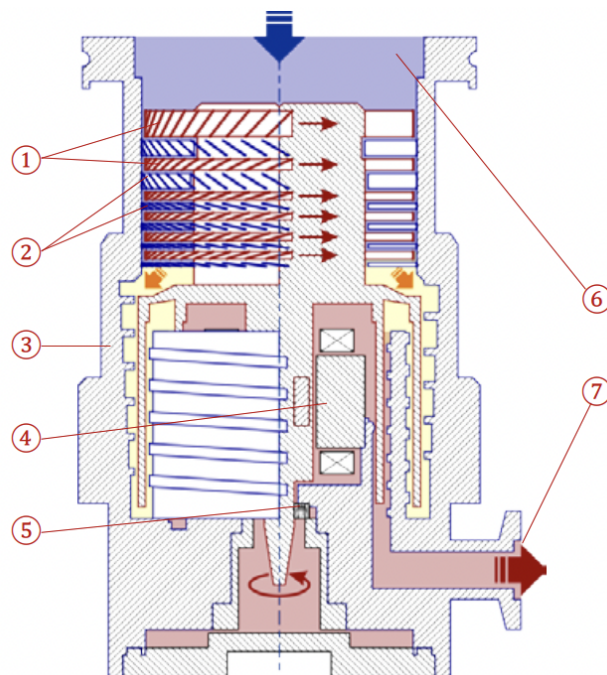


Рис. 2: Конструкция турбомолекулярного насоса. 1 — ротор, 2 — статор, 3 — корпус насоса, 4 — электродвигатель, 5 — нижний шарикоподшипник, 6 — высоковакуумный входной фланец, 7 — выпускной форвакуумный фланец

## 2 Обработка данных:

### 2.1 Измерение вязкости воды

1. Измерим параметры капилляра:

Длина капилляра = 131 мм

Диаметр капилляра = 9 мм

2. Дождавшись установившегося режима вытекания воды через капилляр(появились первые пузырьки на нижнем конце трубки В), мы провели 2 измерения времени, за которое мензурка заполняется на 25 мл.  $t_1 = 185с, t_2 = 180с (h = 85мм)$ . Такие данные убеждают нас в том, что скорость истечения не зависит от количества воды в сосуде, а определяется глубиной погружения трубки В.
3. Приступим к основной серии измерений. Мы будем менять глубину погружения трубки В и измерять время, за которое через капилляр вытечет 20 мл воды.

Таблица 1: Результаты измерений

<b>h, мм</b>	29	38	44	57	62
<b>t, с</b>	576	383	327	248	213

4. Будем вычислять расход воды  $Q$ , оценивать число Рейнольдса  $Re$  (взяв вязкость воды  $\eta \approx 0,01П$ ) и длину участка капилляра, на котором устанавливается ламинарное течение, по следующим формулам:

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Re = \frac{QR\rho}{S\eta}$$

$$a \approx 0,2R \cdot Re$$

Таблица 2: Полученные данные

<b>h, мм</b>	29	38	44	57	62
<b>Q, мкл/с</b>	35	52	61	81	94
<b>Re</b>	2,5	3,69	4,3	5,73	6,65
<b>a, мм</b>	2,25	3,32	3,87	5,16	5,98

По полученным данным построим график:

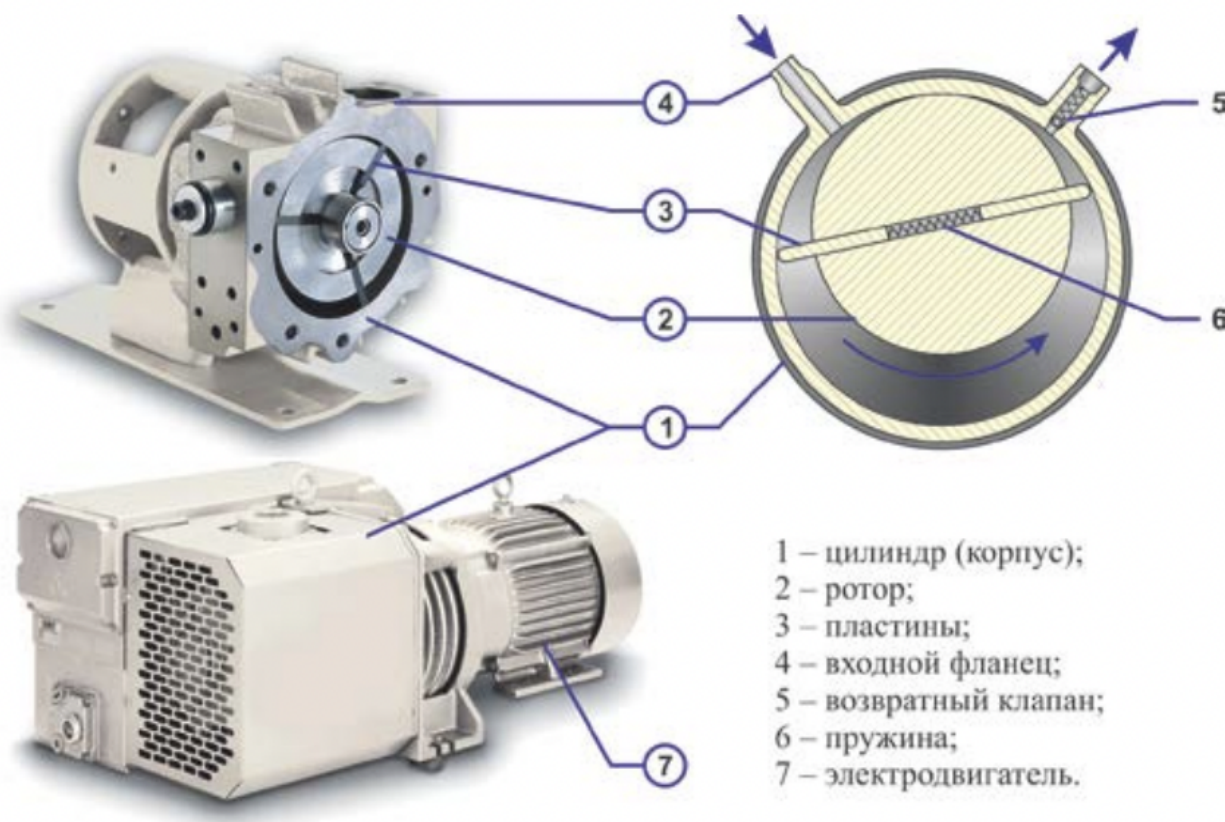


Рис. 3

Получена линейная зависимость  $y = (1,7 \pm 0,1)x - (14 \pm 1)$ . По углу наклона графика определим вязкость воды:

$$\eta = \frac{\pi R^4 \rho g}{8lQ'(h)} \approx (7,2 \cdot 10^{-3}) \text{ П}$$

Табличное значение: 0.011П

## 2.2 Измерение вязкости раствора глицерина вискозиметром Освальда

Измерим время протекания жидкостей между отметками вискозиметра.

Таблица 3: Результаты измерений

Номер опыта	1	2	3	4	5	Ср. знач.	Погрешность
t воды, с	5,91	5,87	5,84	5,89	6,09	5,92	0,04
t глицерина 10%, с	8,32	8,36	8,33	8,68	8,86	8,51	0,3
t глицерина 20%, с	10,72	11,35	10,65	10,75	11,17	10,94	0,4
t глицерина 30%, с	15,15	15,18	15,49	15,19	15,18	15,2	0,1

Вязкость растворов глицерина получем с помощью формулы:

$$\eta_x = \eta_0 \frac{\rho_x \cdot t_x}{\rho_0 \cdot t_0}$$

Полученные значения:

Глицерин, %	$\eta$ , П · с
10	1,1
20	1,4
30	2

Значения достаточно точно совпадают с табличными:

Глицерин, %	$\eta$ , П · с
10	1,0
20	1,31
30	2,5

### 3 Вывод

В ходе лабораторной работы нам удалось измерить вязкость жидкостей двумя разными способами:

- 1) Определили вязкость воды через скорость истечения жидкости через капилляр из сосуда Мариотта по формуле Пуазейля. Полученное значение получилось довольно близким к табличному.
- 2) Далее мы наблюдали за скоростью протекания жидкости через вискозиметр Оствальда и через зависимость вязкости от времени протекания и плотности получали плотность растворов глицерина. Полученные данные хорошо совпадали с табличными.