

2.3.1

ПОЛУЧЕНИЕ И ИЗМЕРЕНИЕ ВАКУУМА

Егор Берсенеv

1 Цель:

1. Измерение объемов форвакуумной и высоковакуумной частей установки.
2. Определение скорости откачки системы в стационарном режиме, а также по ухудшению и по улучшению вакуума.

2 Оборудование:

Вакуумная установка с манометрами: масляным, термopарным и ионизационным.

3 Теоретическая часть

Формула, выражающая скорость откачки газа из установки через предельный объем:

$$-VdP = (P_{\text{пр}}W - Q_{\text{д}} - Q_{\text{н}} - Q_{\text{и}}) dt \quad (1)$$

При достижении предельного давления $\frac{dP}{dt} = 0$, значит:

$$P_{\text{пр}}W = Q_{\text{д}} + Q_{\text{н}} + Q_{\text{и}} \quad (2)$$

Обычно $Q_{\text{д}}$, $Q_{\text{н}}$, $Q_{\text{и}}$ можно считать постоянными. Тогда, проинтегрировав, получаем:

$$P = P_0 \exp\left(-\frac{W}{V}t\right) \quad (3)$$

Для газа, протекающего через трубу в Кнудсеновском режиме справедлива формула:

$$\frac{d(PV)}{dt} = \frac{4}{3}r^3 \sqrt{\frac{2\pi RT}{\mu}} \frac{P_2 - P_1}{L} \quad (4)$$

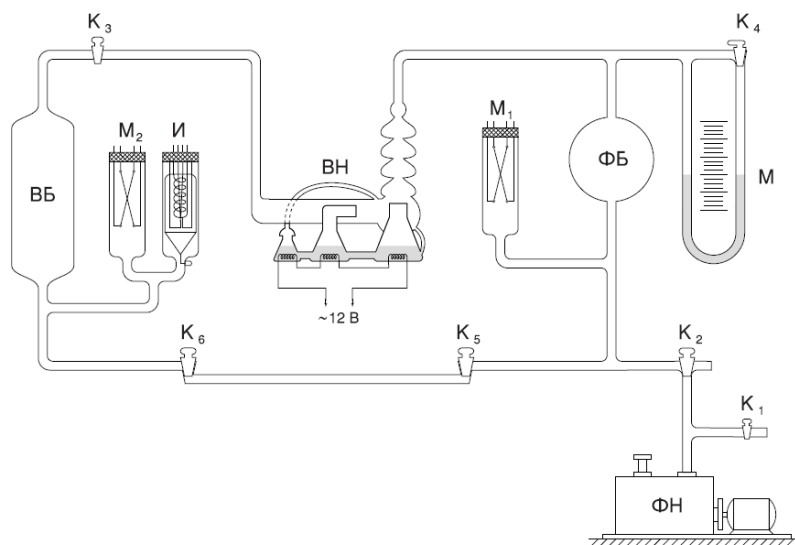
Применим для газа, протекающего через трубу от установки к насосу.

$$\tau_{\text{тр}} = \frac{dV}{dt} = \frac{4}{3} \frac{r^3}{L} \sqrt{\frac{2\pi RT}{\mu}} \quad (5)$$

Пропускная способность кранов:

$$\nu = \frac{1}{4}Sn\bar{v} \implies C_{\text{отв}} = \frac{1}{4}S\bar{v} \quad (6)$$

4 Экспериментальная установка



- ФБ – форвакуумный баллон
 ВН – высоковакуумный диффузионный насос
 ВБ – высоковакуумный баллон
 М – масляной манометр
 И – ионизационный манометр
 М1, М2 – термопарные манометры
 К1 — К6 – соединительные краны

5 Ход работы

5.1 Определение объема форвакуумной и высоковакуумной частей установки

Проверим положение кранов, откроем кран К2, чтобы запустить в систему воздух, подождем 2 минуты, пока воздух заполнит всю установку. Между кранами К5 и К6 заперто $V_{K5+K6+кап} = 60 \pm \pm 3 \text{ см}^3$ воздуха при атмосферном давлении. Откачаем систему до низкого вакуума и откроем кран. Воздух, запертый в кране заполнит объем форвакуумной части установки. Рассчитаем его. По масляному манометру $h_1 = 21, h_2 = 40 \Rightarrow \Delta h = 19$

$$P_2 = \Delta h \cdot \rho \cdot g = 0.19 \cdot 885 \cdot 9.8 = 1647 \text{ Па} \Rightarrow V_{фв} = \frac{P_{атм} V_{крана}}{P_{фв}} = \frac{101325 \cdot 0.06}{1647} = 3.69 \pm 0.19 \text{ л}$$

Рассчитаем объем высоковакуумной части.

$$P_3 = \Delta h \cdot \rho \cdot g = 0.105 \cdot 885 \cdot 9.8 = 910.6 \text{ Па} \Rightarrow V_{фв+вв} = \frac{P_{атм} V_{крана}}{P_{фв+вв}} = \frac{101325 \cdot 0.06}{910.6} = 6.676 \text{ л}$$

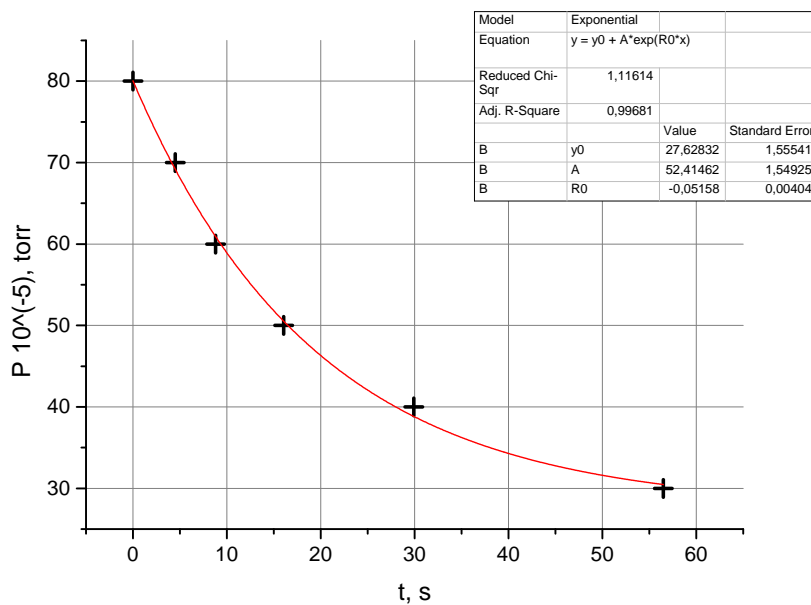
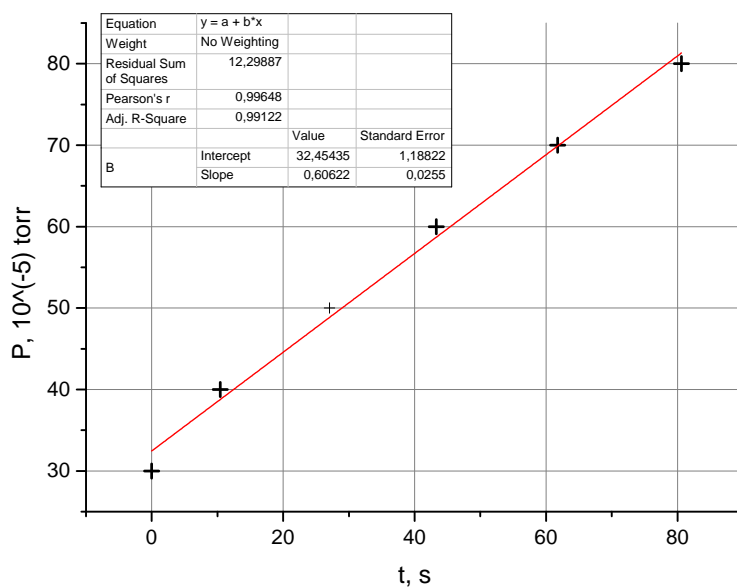
$$V_{вв} = 6.676 - 3.69 = 2.986 \pm 0.16 \text{ л}$$

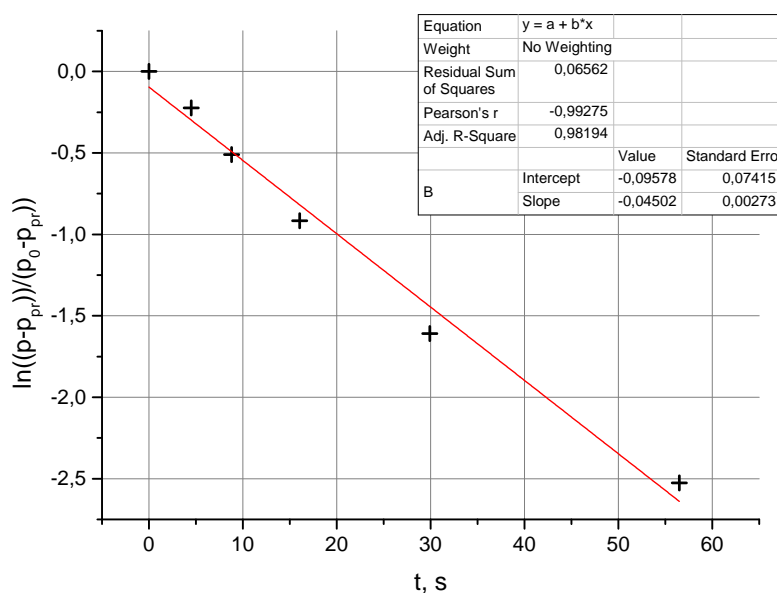
Измерим предельное давление в системе: $P_{пред} = 3 \cdot 10^{-4}$ торр при $U = 30 \text{ мА}$.

Найдем ухудшение вакуума во времени по изменению показаний ионизационного манометра.

$P \cdot 10^{-5}, \text{ Торр}$	30	40	50	60	70	80	70	60	50	40	30
$t_1, \text{ с}$	0	8.5	25.26	40.31	58.67	76.38	3.79	8.5	15.96	31.15	59.25
$t_2, \text{ с}$	0	12.36	28.856	46.26	64.85	84.85	5.2	9.09	16.16	28.65	53.74
$\bar{t}, \text{ с}$	0	10.43	27.06	43.29	61.76	80.62	4.5	8.8	16.06	29.90	56.50

Построим графики:





Из графиков найдем скорость откачки: $W = (13.4 \pm 0.6) \cdot 10^{-2} \frac{\text{л}}{\text{с}}$.
Оценим $Q_{\text{н}} \sim WP_{\text{пр}} - V_{\text{вв}} \frac{dP}{dt} = 2.24 \cdot 10^{-5} \frac{\text{Торр} \cdot \text{л}}{\text{с}}$.

$$P_{\text{пр}}W = Q_1, \quad P_{\text{уст}}W = Q_1 + \frac{d(PV)}{dt}$$

$$W = \frac{dV}{dt} = \frac{dV}{dt} = \frac{4}{3} \frac{r^3}{L} \sqrt{\frac{2\pi RT}{\mu}} = 12.08 \pm 0.7 \frac{\text{л}}{\text{с}}$$

Этот результат примерно совпадает с полученным в предыдущем пункте.

6 Вывод

Получение вакуума, безусловно, интересный процесс. Мы научились получать и измерять высокий и низкий вакуум. Возможно, это понадобится.