

Получение и измерение Вакуума

М. Аношин¹ Д. Шашков¹

МФТИ, Февраль 2023

**Цель работы - Получение и измерение параметров
высокого вакуума**

В работе используются: Вакуумная установка с манометрами:
масляным, термopарным, ионизационным.

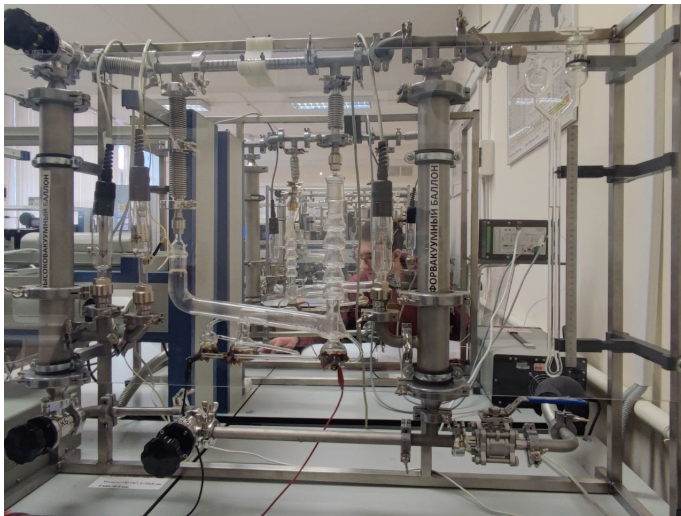
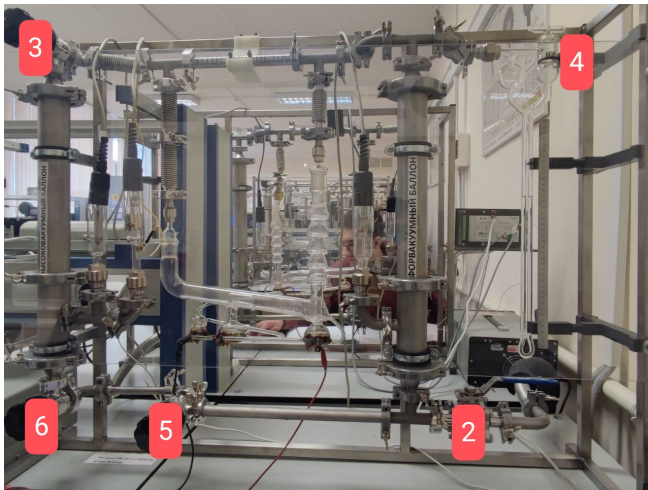


Рис.: 1. Полная фотография установки

Ход работы: определение объёмов

Изначально все краны открыты, в установке находится атмосферный воздух. Далее закрываются краны **5** и **6** и включается форвакуумный насос, объём запертого в перемычке между ними воздуха $V_1 = 50 \text{ см}^3$



Ход работы: определение объёмов

По достижении $p_{c0} \approx 10^{-2}$ мм.рт.столба закрываем 2 и 4 краны, форвакуумный насос работает. Манометр уже готов к работе, в его правом колене вакуум.



Ход работы: определение объёмов

Далее закрывается 3 кран, отделяющий форвакуумную часть от высоковакуумного баллона. Масляный манометр показывает высоты (см.масл.столб)

h_{up}	h_{down}
39.9	12.9

Что дает давление: $p_1 = 27$ см.масл.столба $= 17.36$ мм.рт.столба
Откуда объем форвакуумной части ($T = T_{room}$) $V_f = V_0 \frac{p_0}{p_1} = 3.1$ л

Ход работы: определение объёмов

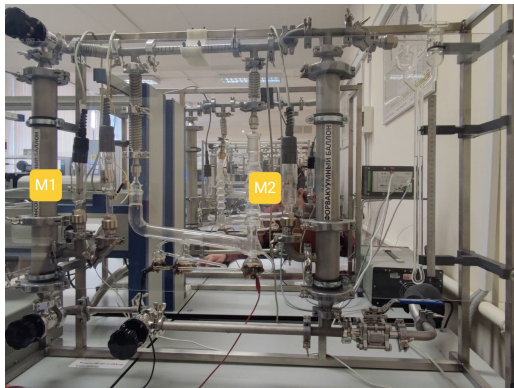
Далее открывается высоковакуумный баллон, и манометр показывает

h_{up}	h_{down}
35.3	18.3

Откуда давление в системе: $p_2 = \rho g(h_1 - h_2) = 17 \text{ см.масл.столб}$
И объем баллона $V_h = V_f \left(\frac{p_1}{p_2} - 1 \right) = 1.82 \text{ л}$

Ход работы: создание высокого вакуума

После измерения объёмов открываем **все** краны, откачиваем воздух.
Проводим измерение давления в высоковакуумной и форвакуумной частях при помощи термопарных манометров.



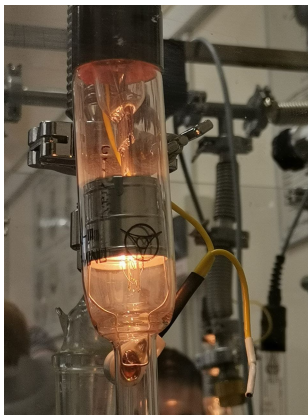
Ход работы: создание высокого вакуума

При достижении давления p_{c0} закрывается кран **6**, высоковакуумный баллон остается связанным с форвакуумной частью только включенным масляным насосом.



Ход работы: создание высокого вакуума

Когда давление в высоковакуумном баллоне становится ниже $p_{c1} = 1.2 \cdot 10^{-4}$ мм.рт.столба происходит инициация ионизационного манометра. Можно приступить к измерению скоростей откачки



Измерение скорости откачки газа

Основное уравнение откачки газа из высоковакуумного баллона:

$$-V_h dp = (pW - Q_v - Q_c) dt$$

при достижении $p_{lim} \frac{dp}{dt} = 0$, тогда

$$p_{lim} W = Q_v + Q_c$$

проинтегрировав первое выражение получим

$$p - p_{lim} = p_0 - p_{lim} \cdot \exp\left(-\frac{W}{V_h} t\right)$$

Измеряем p Открываем кран и с помощью ионизационного манометра получаем зависимость $p(t)$. Давление убывает по экспоненциальному закону:

$$p = p_0 \exp\left(-\frac{W}{V_h} t\right),$$

откуда $W = -k_1 V_h$

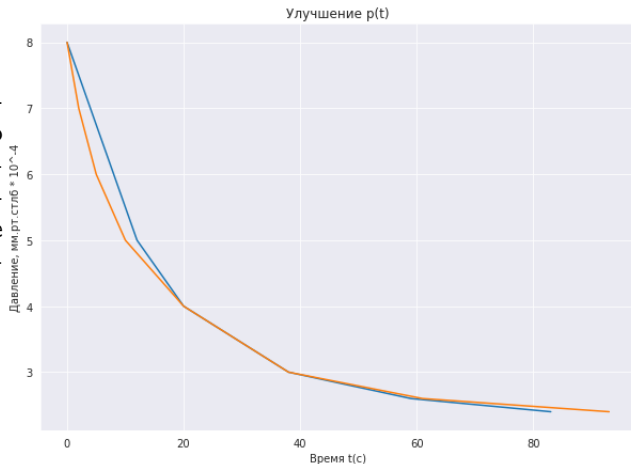


Рис.: Чистые данные

График откачки - Логарифм

$$k_1 = -0.013 \Rightarrow$$
$$W = 4 \cdot 10^{-5} \text{ л/с}$$



Рис.: Логарифм + МНК

Графики откачки

Снова закрываем кран 3 и получаем зависимость давления от времени (p от t) для истечения через микротечи, здесь насос не возвращает воздух в систему, поэтому $Q_v = 0$ отсюда:

$$V_h dp = Q_c dt$$

$$Q_c = 1.12 \cdot 10^{-4}$$

k_2 - коэфф. наклона

$$k_2 = 0.039 \Rightarrow Q_v =$$

$$p_{lim} \cdot W - Q_c = 3.4 \cdot 10^{-4}$$

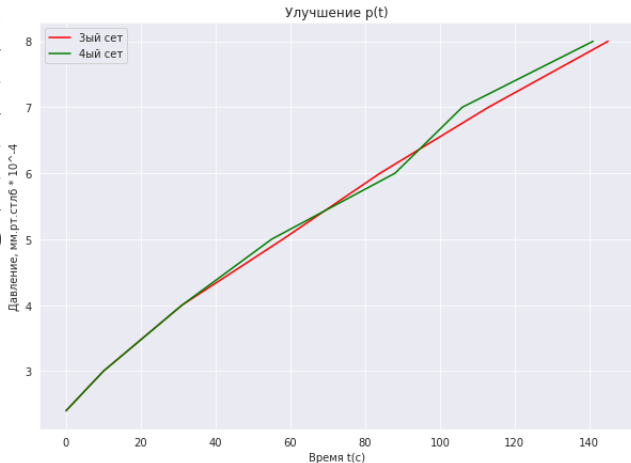


Рис.: Чистые данные

Вывод: В ходе работы был получен высокий вакуум (через 3 стадии), рассчитаны объемы частей насоса:

$$V_f = 1.82 \cdot 10^{-4} \text{ и } V_f = 3.1 \text{ л}$$

и скорости откачки:

$$Q_c = 1.12 \cdot 10^{-4} \text{ и } Q_v = 3.4 \cdot 10^{-4} \text{ мВт}$$

- Github с обработкой данных и .tex презентацией
- Снятые данные

ВОТ БЫ ВМЕСТО СДАЧИ ЛАБ

МЫ СДАВАЛИ БЫ БУТЫЛКИ