

1 Ход работы

1.1 Определение объемов форвакуумной и высоковакуумной частей установки

1. Перед началом работы проверим, что все краны приведены в правильное положение.
2. Запустим воздух в систему (для этого нужно открыть кран 2 и подождать пару минут пока воздух заполнит установку).
3. Запустим форвакуумный насос, чтобы он откачал воздух из установки.

Пронаблюдаем за тем, как давление в установке уменьшается и продолжим откачку до момента, пока давление не будет порядка 10^{-2} .

4. Отсоединим установку от форвакуумного насоса, а затем объем, заключенный в кранах и капиллярах форвакуумной части, откроем на всю форвакуумную часть. Тогда давление изменится
5. Запишем показания масляного манометра, а именно высоту масла в обоих коленах:

$$h_1 = (34.9 \pm 0.1) , \quad h_2 = (6.2 \pm 0.1) , \quad (1.1)$$

$$\sigma_{\Delta h} = \sqrt{\sigma_{h_1}^2 + \sigma_{h_2}^2} \approx 1.6 \% \quad \Delta h = (28.7 \pm 0.5) . \quad (1.2)$$

6. Зная объем "запертой" части установки $V = 50 \text{ }^3$ и используя соотношение $P_A V = P_2 V_2$ вычислим объем форвакуумной части установки. При этом давление $P_1 = P = (98.4 \pm 0.1)$ $P_2 = \rho g \Delta h$, а относительная погрешность полученного значения равна относительной погрешности величины Δh :

$$\varepsilon_V = \varepsilon_{P_1} \approx 1.6 \%.$$

и в результате имеем:

$$V = (1.97 \pm 0.03) \quad (1.3)$$

7. Проведем те же самые измерения с диффузионным насосом и получим объем установки, из которой вычитанием объема форвакуумной части получается объем высоковакуумной части.

$$h_3 = (29.8 \pm 0.1) , \quad h_4 = (11.6 \pm 0.1) , \quad (1.4)$$

$$\Delta h = (18.2 \pm 0.2) . \quad (1.5)$$

Погрешности высот определяются аналогично предыдущему пункту. Как и формула для полного объема установки, тогда:

$$V_{\text{полн}} = \frac{P_A}{\rho g \Delta h_{\text{полн}}} V \approx 3.11 , \quad \varepsilon_V = \varepsilon_{\Delta h} \approx 1 \% . \quad (1.6)$$

В результате искомая величина равна:

$$V = V - V = 1.14 , \quad \sigma_V = \sqrt{\sigma_V^2 + \sigma_V^2} \approx 0.04 , \quad (1.7)$$

$$V = (1.14 \pm 0.04) . \quad (1.8)$$

1.2 Получение высокого вакуума и измерение скорости откачки

8. Не выключая форвакуумного насоса убедимся в том, что в установке не осталось запертых объемов.
9. Откачав установку до давления порядка 10^{-2} , приступим к откачке ВБ с помощью диффузионного насоса.
10. С помощью термопарного манометра пронаблюдаем за тем, как идет откачка ВБ. Мы должны продолжать процесс откачки до тех пор, пока там не установится давление порядка $3 \cdot 10^{-4}$. При приближении давления к этой величине масло в диффузионном насосе закипит, поэтому подсчитаем количество капель, стекающих из сопла второй ступени диффузионного насоса:

$$N = 10 .$$

11. С помощью ионизационного манометра измерим значение предельного давления в системе со стороны высоковакуумной части:

$$P = (8.3 \pm 0.1) \cdot 10^{-5} .$$

12. Найдем скорость откачки по ухудшению и улучшению вакуума, для этого открывая и закрывая кран з будем то подключать насос к объему, то отключать его, при этом на видео зафиксируем показания манометра от времени и построим графики необходимых зависимостей (каких именно подробнее описано в соответствующих пунктах ниже), для которых определим коэффициенты наклона прямых и их погрешности (с помощью МНК).

Для случая улучшения вакуума воспользуемся формулой (??) и построим график зависимости $(\ln(P - P))$ от t . При построении такого графика из МНК получим коэффициент наклона — k , с помощью которого можно найти $W = -kV$. Построим эти графики (Рис. ??, ??, ??):

13. Оценим величину потока газа Q . Для этого воспользуемся данными, полученными при ухудшении вакуума. А именно построим графики зависимости $P(t)$ и определим для них коэффициенты угла наклона прямой. Поскольку $VdP = (Q + Q)_{dt}$ получим $(Q + Q)_{=kV}$. По графикам получаем: Используя формулу $Q = PW - (Q + Q)$, а значит $\varepsilon_{Q = \sqrt{\varepsilon_{PW}^2 + \varepsilon^2} \approx 10.4\%}$ получим, что: $Q = (5.4 \pm 0.08) \cdot 10^{-6}$./.

14. Оценим пропускную способность трубки по формуле (6):

$$L = (10 \pm 1) ; \quad d = (0.8 \pm 0.1) , \quad (1.9)$$

$$C = (2.1 \pm 0.1) / . \quad (1.10)$$

Погрешность C оценена как корень из суммы квадратов погрешностей длинны и диаметра (которые явным образом не указаны на установке, оценка довольно грубая).

Скорость откачки по порядку сходится с пропускной способностью трубки, что означает — эксперимент достаточно успешен.

15. Введем в систему искусственную течь и запишем значение установившегося при этом давления и давления P :

$$P = (1.2 \pm 0.1) \cdot 10^{-4} . \quad P = (1.6 \pm 0.1) \cdot 10^{-3} . \quad (1.11)$$

16. Поскольку

$$PW = Q_1, \quad PW = Q_1 + \frac{d(PV)}{dt},$$

то с учетом (??), получаем:

$$W = \frac{P}{P - P} \frac{4r^3}{3L} \sqrt{\frac{2\pi RT}{\mu}} \approx 0.046 \quad (1.12)$$

(Поскольку давления померены с точностью не менее 10%, то можно учитывать погрешность, вносимую величиной $\frac{d(PV)}{dt}$ относительная погрешность которой равна относительной погрешности C , то есть составляет 5%)

17. Следуя указаниям в методичке выключаем установку.