

## 2.20. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №20 ФОРМИРОВАНИЕ ВАКУУМНОЙ СРЕДЫ И ИЗМЕРЕНИЕ ЕЕ ПАРАМЕТРОВ

**Цель работы:** изучение основных методов и средств получения и измерения вакуумной технологической среды для реализации высоковакуумных технологических процессов.

### Задание по работе

1. Изучить на практике устройство вакуумных установок.
2. Изучить конструкции механического, диффузионного и турбомолекулярного насосов.
3. Изучить принципы работы деформационного манометра, а также термометрического и ионизационного манометрических преобразователей.
4. Изучить принцип работы вакуумного стенда для исследования зависимости скорости откачки от объёма вакуумной камеры при откачке механическим вакуумным насосом. Исследовать зависимости изменения давления от времени для разных объёмов камер. Определить предельное давление системы вакуумного стенда.

### Теоретическая часть

Базовыми элементами для расчёта вакуумной системы являются такие параметры как объём вакуумной камеры, давление, быстрота действия насоса и производительность насоса. На рисунке 2.47 показана простейшая вакуумная система: вакуумметр 1, вакуумная камера 2, насос 3 и трубопровод, соединяющий объекты вакуумной системы.

Производительностью вакуумного насоса называют количество газа, удаляемого насосом в единицу времени при данном давлении всасывания. Обычно производительность  $G$  измеряют в Па·л/с (или мбар·л/с, мм рт. ст. · л/с). При предельном вакууме эффективная производительность равна нулю.

Скоростью откачки насоса  $N_n$  называют объём газа удаляемого из откачиваемой системы в единицу времени при данном давлении всасывания. Скорость откачки характеризует объёмную производительность насоса и измеряется в л/с, м<sup>3</sup>/с, и т.д. Соотношение скорости откачки насоса с производительностью определяется по формуле:  $N_n = G / P_v$ , где  $P_v$  – давление на входе в насос.

На скорость откачки оказывает влияние диаметр и длина трубопровода соединяющего насос и камеру. Если скорость откачки соединительной трубки равна скорости откачки насоса, то результирующая скорость откачки вакуумной камеры равна половине скорости откачки насоса. Если соединительная трубка допускает скорость откачки, даже в девять раз большую, чем скорость, с которой откачивает насос, то и тогда производительность вакуумного насоса будет снижена на 10%. Проводимость трубопровода – количество газа, про-

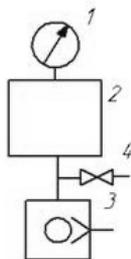
текающего через трубопровод в единицу времени при разности давлений на концах трубопровода.

### Экспериментальная часть

Задание экспериментальной части: определение производительности и быстроты действия вакуумных насосов методом постоянного объёма.

### Оборудование

Для проведения лабораторной работы используется экспериментальный стенд рис. 2.65., на котором реализуется процесс формирования вакуума.



**Рис. 2.65.** Стенд определения производительности и быстроты действия вакуумных насосов:

1- вакуумметр, 2- вакуумная камера, 3- форвакуумный насос, 4- клапан проходной.

Экспериментальный стенд рис. 2.65. состоит из вакуумметра 1, набора ёмкостей 2 объёмом  $V_1$  ( $V_2$ ,  $V_3$ ), вакуумного насоса 3 и клапана 4.

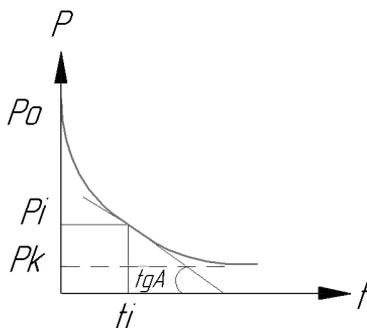
### Подготовка оборудования к работе

Для проведения лабораторной работы используется стенд рис.2.65. Перед началом работы необходимо проверить правильность сборки стенда в следующем порядке:

1. Проверить плотность соединения трубопровода к штуцерам насоса и вакуумной камеры.
2. Подсоединить к вакуумной камере вакуумметр.
3. Проверить готовность вакуумметра к работе: стрелка должна стоять на отметки «ноль», не должно быть механических повреждений корпуса и стекла.
4. Посчитать объём вакуумной камеры. По усмотрению преподавателя объём вакуумной камеры может быть задан.
5. Подготовить к работе секундомер.
6. Включить кабель электропитания насоса в сеть.
7. Закрыть клапан 4.

### Порядок выполнения лабораторной работы

1. Включить вакуумный насос и одновременно включить секундомер
  3. Записать в таблицу №2.5 изменение давления в системе через каждые 5 сек.
  4. После стабилизации давления выключить насос.
  5. Открыть клапан 4 и заполнить систему воздухом
  6. Закрыть клапан 4.
  7. Камеру V1 отсоединить и подсоединить камеру V2.
  8. Повторить п.1-п.6 и результаты эксперимента записать в таблицу №2.6
  9. Камеру V2 отсоединить и подсоединить камеру V3.
  10. Повторить п.2-п.6и результаты эксперимента записать в таблицу №2.7
  11. По данным таблиц №2.5, №2.6, №2.7 построить кривые откачки (изменение  $P$  от  $t$ ). Каждую кривую подписать для какого объема она построена.
- На рис. 2.66. показан качественный вид графика кривой откачки.



**Рис.2.66.** Пример кривой откачки

$P_0$  – начальная точка,  $P_i$  – давление в точке на кривой в зависимости от времени,  $P_k$  – стабильное давление.

На построенных графиках для каждого измеренного момента времени  $t_i$  провести касательную к кривой откачки (рис.2.66) до ее пересечения с осью времени и определить тангенс угла наклона касательной для каждого момента времени ( $\text{tg}A = (dp/dt)$ ). Результаты занести в соответствующую таблицу.

12. Рассчитать производительность насоса в каждый момент времени по формуле  $Q = V dp/dt$  результаты занести в соответствующую таблицу.

13. Рассчитать быстроту откачки насоса в каждый момент времени по формуле  $S_{hi} = Q_i / P_i$  результаты занести в соответствующую таблицу.

14. По данным таблиц №2.5, №2.6, №2.7 построить кривые зависимости быстроты откачки от времени для объема  $V_1, V_2, V_3$  (на одном графике).

Таблица 2.5

Изменение давления от времени для объема V1

№пп	Время t, с	ДавлениеP, мм.рт.ст	tg(A)	Производительность насосаQ, мм рт. ст. · л./с	Быстрота откачки насоса Sn, л/с
1					
2					
3					
4					
5					

Таблица 2.6

Изменение давления от времени для объема V2

№пп	Время t, с	ДавлениеP, мм.рт.ст	tg(A)	Производительность насосаQ, мм рт. ст. · л./с	Быстрота откачки насоса Sn, л/с
1					
2					
3					
4					
5					

Таблица 2.7

Изменение давления от времени для объема V3

№пп	Время t, с	ДавлениеP, мм.рт.ст	tg(A)	Производительность насосаQ, мм рт. ст. · л./с	Быстрота откачки насоса Sn, л/с
1					
2					
3					
4					
5					

### Завершение работы

После проведения эксперимента необходимо выключить стенд и привести его в исходное состояние, соблюдая следующую последовательность:

1. отключить кабель питания от сети.
2. отсоединить камеру V3 от насоса.

## Порядок оформления отчета по лабораторной работе

Отчет оформляется в виде журнала лабораторных работ и должен содержать:

1. Краткую теоретическую часть.
2. Схематическое изображение или фотографию стенда с указанием основных его частей.
3. Экспериментальные и расчетные данные в табличном виде.
4. Графические зависимости, полученные по результатам эксперимента.
5. Выводы.

## Контрольные вопросы

1. Что такое вакуум?
2. В каких единицах измеряется вакуум?
3. Какие имеются средства измерения разряжения?
4. В чём различие схем получения низкого и высокого вакуума?
5. Перечислите свойства вакуума (с позиции реализации в нем технологических процессов):
6. Что такое производительность насоса? Для чего необходимо знать производительность насоса?
7. Назовите типы насосов, применяемых для получения вакуума?
8. Для чего применяется форвакуумный насос?
9. Для чего применяется турбомолекулярный насос?