

Московский Государственный Университет им. М.В.Ломоносова  
Физический факультет  
Кафедра Общей Ядерной Физики  
Москва, 2005 г.

**Кругов Виталий**

## **Вакуумные насосы** (реферат)

---

### **Введение**

#### **История развития вакуумной техники.**

В переводе с латинского “Вакуум” означает пустоту. Философский этап развития вакуумной техники опустим, ибо он примитивен.

Началом научного этапа в развитии вакуумной техники можно считать 1643 г, когда Торричелли впервые измерил атмосферное давление. В 1672 году Отто фон Герике изобретает механический поршневой насос с водяным уплотнителем. Изучалось поведение различных систем и живых организмов в вакууме.

Наконец, в 80-х годах 19 в. Человечество шагнуло в технологический этап создания вакуумных приборов и техники. Это было связано с открытием А.Н. Лодыгиным электрической лампы накаливания с угольным электродом (1873) и открытием Т.А. Эдисоном термоэлектронной эмиссии (1883). Начинают изобретаться такие вакуумные насосы: вращательный (Геде, 1905), криосорбционный (Дж. Дьюар, 1906), молекулярный (Геде, 1912), диффузионный (Геде, 1913); манометры: компрессионный (Г. Мак-Леод, 1874), тепловой (М. Пирани, 1909), ионизационный (О. Бакли, 1916).

В СССР становление вакуумной техники началось с организации вакуумной лаборатории на ленинградском заводе “Светлана”. Началось бурное развитие электроники и новых методов физики.

#### **Применение вакуума в науке и технике.**

Области применения весьма широки. Практически ни одно технологически сложное производство не обходится без применения вакуума.

В электронной технике: осветительные лампы, газоразрядные, генераторные и сверхвысокочастотные приборы, телевизионные и рентгеновские трубки.

В производстве микросхем и приборов: нанесение тонких плёнок, ионное внедрение, плазмохимическое травление, электронолитографию.

В металлургии: плавка и переплав металлов в вакууме освобождает их от растворённых газов, что придаёт им высокую прочность, пластичность и вязкость.

Машиностроение: электроннолучевая сварка, диффузионная сварка, плазменная обработка.

Химическая промышленность: вакуумные сушильные аппараты, вакуумная пропитка, вакуумные фильтры.

Основной инструмент современной ядерной физики – ускоритель частиц – немислим без вакуума. Поддержание почти космического вакуума требуется в установках для проведения экспериментов.

### **Вакуумные насосы**

#### **Общая характеристика**

Все вакуумные насосы можно разделить на высоковакуумные и низковакуумные, а по физическому принципу действия – на механические, сорбционные, ионные. Среди механических насосов выделяют объёмные и молекулярные, основанные на передаче количества движения молекулам газа от движущихся поверхностей.

Насосы объёмного типа осуществляют откачку за счёт периодического изменения объёма рабочей камеры. Этот тип вакуумных насосов появился раньше остальных и получил широкое применение в различных конструкциях: поршневая, жидкостно-кольцевая и ротационная.

Среди насосов с передачей количества движения молекулам газа различают: водоструйные, эжекторные, диффузионные и молекулярные. Их характеристики можно рассчитать на основании закономерностей внутреннего трения в газах.

Сорбционные явления в вакууме широко используются для откачки газов из вакуумных систем. На принципе хемосорбции основана работа испарительных насосов. Физическая адсорбция и конденсация используются для откачки газов криосорбционными насосами: адсорбционными и конденсационными.

Направленное движение предварительно заряженных молекул газа под действием электрического поля является основой работы ионных насосов. Принцип ионной откачки совместно с сорбционным используется в конструкциях ионно-сорбционных насосов.

Основными параметрами любого вакуумного насоса являются: быстрота действия, предельное давление, наименьшее рабочее давление, наибольшее давление запуска и наибольшее выпускное давление.

Рассмотрим схему простейшей вакуумной системы (рис. 1), состоящую из откачиваемого объекта 1, насоса 2, и соединяющего их трубопровода. Течение газа из откачиваемого объекта в насос происходит из-за разности давлений ( $p_1 - p_2$ ), причём  $p_1 > p_2$ .

Быстроту откачки насоса  $S_i$  в произвольном сечении соединительного трубопровода можно определить как объём газа, проходящий через это сечение в единицу времени:

$$S_i = dV_i/dt.$$

Быстротой откачки объекта или эффективной быстротой откачки насоса называется объём газа, поступающий в единицу времени из откачиваемого объекта в трубопровод через сечение I при давлении  $p_1$ :

$$S_{\text{Eff}} = dV_1/dt. \quad (1)$$

Быстрота действия насоса – это объём газа, удаляемый насосом в единицу времени через входной патрубок (сечение ближе к насосу) при давлении  $p_2$ :

$$S_H = dV_2/dt. \quad (2)$$

Отношение эффективной быстроты откачки насоса к быстроте действия называется коэффициентом использования насоса:

$$K_u = S_{\text{Eff}}/S_H. \quad (3)$$

Производительностью насоса называется поток газа, проходящий через его входное сечение. Для стационарного потока выполняется условия сплошности:

$$Q = p_2 S_H = p_1 S_{\text{Eff}} = p_i S_i. \quad (4)$$

Установим связь между тремя основными характеристиками вакуумной системы: быстротой



Рис. 1. Упрощенная схема вакуумной системы.

действия насоса  $S_H$ , эффективной быстротой откачки объекта  $S_{Eff}$  и проводимостью вакуумной системы между насосом и откачиваемым объектом  $U$ . Запишем следующие равенства:

$$\begin{aligned} S_H &= Q/p_2 = U(p_1 - p_2)/p_2, \\ S_{Eff} &= Q/p_1 = U(p_1 - p_2)/p_1. \end{aligned} \quad (5)$$

После несложных преобразований имеем искомую связь:

$$1/S_{Eff} - 1/S_H = 1/U. \quad (6)$$

Это уравнение называется основным уравнением вакуумной техники. Для анализа этого уравнения запишем его немного в другом виде:

$$S_{Eff} = S_H U / (S_H + U). \quad (7)$$

Сразу же бросаются в глаза следующие факты:

1. Если  $S_H = U$ , то получаем что  $S_{Eff} = 0.5S_H$ ;
2. Если  $U \rightarrow \infty$ , то  $S_{Eff} \rightarrow S_H$ ;
3. При  $U \rightarrow 0$ , имеем  $S_{Eff} \rightarrow 0$ .

**Предельное давление насоса**  $p_{пр}$  - это минимальное давление, которое может обеспечить насос, работая без откачиваемого объекта. Логично заметить, что быстрота действия насоса при приближении к предельному давлению стремиться к нулю. Предельное давление большинства вакуумных насосов определяется газовыделением материалов, из которых изготовлен насос, перетеканием газов через зазоры и другими явлениями, возникающими в процессе откачки.

**Наименьшее рабочее давление вакуумного насоса**  $p_M$  - это минимальное давление, при котором давление длительное время сохраняет номинальную быстроту действия. Наименьшее рабочее давление примерно на порядок выше предельного давления. Использование насоса для работы при давлениях между предельным и наименьшим рабочим экономически не выгодно из-за ухудшения его удельных характеристик.

**Наибольшее рабочее давление вакуумного насоса**  $p_6$  - это максимальное давление, при котором насос длительное время сохраняет номинальную быстроту действия. В рабочем диапазоне от наименьшего до наибольшего рабочего давления обеспечивается эффективное применение насоса для откачивания вакуумных установок. Рабочие диапазоны давлений вакуумных насосов в основном определяются их принципом действия.

**Давление запуска вакуумного насоса**  $p_3$  - максимальное давление во входном сечении насоса, при котором он может начать работу. Давление запуска обычно заметно превышает наибольшее рабочее давление. Для некоторых типов насосов, к примеру, магниторазрядных, это различие может достигать 2-3 порядков.

**Наибольшее выпускное давление**  $p_B$  - максимальное давление в выходном сечении насоса, при котором он может осуществлять откачку. Этот параметр не используется для некоторых типов сорбционных насосов, поглощающих газ в объёме насоса.

Параметры вакуумных насосов показаны на основной характеристике вакуумного насоса – зависимости быстроты действия от его входного давления (рис. 2).

Экспериментальное определение основной характеристики вакуумного насоса может осуществляться двумя методами: стационарным методом постоянного давления и квазистационарным методом постоянного объёма.



- [Объёмные вакуумные насосы](#)
- [Молекулярные насосы](#)
- [Пароструйные насосы](#)
- [Насосы, основанные на принципе ионно-сорбционной откачки](#)

## Литература

1. Л.Н. Розанов “Вакуумная техника”, Москва “высшая школа”, 1982г;
2. Б.И. Королёв “Основы вакуумной техники”, 1958г.