К. Б. Панфилович

ОСНОВНОЕ УРАВНЕНИЕ ВАКУУМНОЙ ТЕХНИКИ

Ключевые слова: быстрота откачки, быстрота действия, проводимость.

Основное уравнение вакуумной техники – следствие закона сохранения массы. Обычно используемое «основное уравнение вакуумной техники» - частный случай для изотермических систем откачки.

Key words: pumping speed, effective pumping speed, conductivity.

The main equation of vacuum engineering is the corollary of mass conservation law. The main equation of vacuum engineering is a special case for isothermal pumping systems.

Основные элементы вакуумной откачной системы – вакуумируемый сосуд, вакуумный насос (группа вакуумных насосов) и соединяющий их вакуумный трубопровод. В процессе вакуумирования быстрота откачки (объёмный расход газа) в выходном патрубке откачиваемого сосуда равна S , быстрота действия (объёмный расход газа) во входном патрубке вакуумного насоса - S_n .

Массовый расход газа по каналу

$$M = \rho S = \rho_n S_n, \quad (1)$$

где ρ и ρ_n – плотности газа при тех же параметрах, что и быстроты S и S_n .

Уравнение (1) есть закон сохранения массового расхода газа. При его записи не учитывались газовыделение элементов конструкций вакуумного трубопровода, проницаемость его стенок и натекание газов в трубопровод через микроскопические неплотности разъёмных и неразъёмных соединений.

В случае откачки низковакуумных систем поступлением газов в вакуумные трубопроводы можно пренебречь. Понижать натекание газов в вакуумный трубопровод необходимо для высоковакуумных систем откачки. Вакуумные трубопроводы для таких систем наряду с другими мерами снижения натекания газов проектируют по возможности короткими, так что поступление газов в них мало по сравнению с откачиваемыми потоками. Поэтому можно приближенно принять, что закон сохранения (1) выполняется при работе вакуумных систем.

Массовый расход газа по вакуумному трубопроводу запишем через проводимость трубопровода U и разность плотностей на входе в трубопровод и выходе из него

$$M = U(\rho - \rho_n). \quad (2)$$

Разделим полученное уравнение (2) на уравнение (1):

$$\frac{I}{S} = \frac{1}{S_n} + \frac{1}{U}, \quad (3)$$

и получим основное уравнение вакуумной техники. Оно выполняется для всех схем откачки, если можно пренебречь натеканием газов в вакуумпроводе.

В вакуумной технике [1-2] расход газа принято определять внесистемной единицей – потоком газа Q . Записывается равенство

$$Q_t = P S_t = P_n S_{tn}, \quad (4)$$

справедливое при изотермической откачке и также при отсутствии натеканий газов в вакуумпроводе.

Поток газа Q_t выражается через проводимость канала U_t

$$Q_t = U_t(P - P_n). \quad (5)$$

Параметры Q_t , S_t , S_{tn} и U_t определяются при одной и той же температуре (индекс t).

Разделим полученное уравнение (5) на уравнение (4)

$$\frac{I}{S_t} = \frac{1}{S_{tn}} + \frac{1}{U_t}. \quad (6)$$

Соотношение (6) как и (4) в общем случае не соответствует закону сохранения.

Таким образом, соотношение (6) – частный случай основного уравнения вакуумной техники, когда равны температуры газа в выходном патрубке откачиваемого сосуда и во входном патрубке вакуумного насоса. В других случаях соотношение (6) не справедливо и тем более, чем больше разность температур на выходе из вакуумируемого сосуда и на входе в вакуумный насос.

Литература

1. Дэшман С. Научные основы вакуумной техники. М.: Мир, 1969. -715 с.
2. Вакуумная техника: Справочник /К.Е. Демихов, Ю.В. Панфилов, Н.К. Никулин и др.: Под. общ. ред. К.Е. Демихов, Ю.В. Панфилов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение. 2009. -590 с.