

АНАЛИЗ РАБОТЫ СИСТЕМ ВАКУУМИРОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ МЕТАЛЛУРГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ

А.В. Подзерко

Выполнен качественный анализ состояния систем вакуумирования на предприятиях металлургии и энергетики Уральского региона. Намечены пути дальнейшего совершенствования вакуумных систем.

Ключевые слова: вакуумная металлургия, энергетика, параметры работы, откачная система, вакуумный насос, струйные аппараты.

В настоящее время вакуумные системы находят все более широкое применение в самых различных областях производства – от первичной обработки полезных ископаемых до высокотехнологичных процессов и решения исследовательских задач [1]. Рассмотрим некоторые проблемы и перспективы развития вакуумных систем в энергетике и металлургии, ключевых отраслях нашего региона.

В металлургии системы откачки газов задействованы в процессах вакуумного формования, дегазации и декарбонизации расплава, снижающих содержание вредных примесей в конечном продукте, а также при нанесении различных покрытий на этапе последующей обработки деталей. В энергетике мощные вакуумные системы производят откачку парогазовой смеси из конденсаторов паровых турбин и используются в некоторых вспомогательных процессах. Технологические процессы непрерывно совершенствуются, что отражается и на требованиях к вакуумным системам. Так, например, в Японии разработан метод пульсационного перемешивания стали попеременным включением вакуумного насоса и подачи аргона, при этом эффективная работа установки не требует создания глубокого вакуума.

Эффективность любого из рассматриваемых процессов (качество выплавляемой стали, себестоимость киловатт-часа вырабатываемой электроэнергии и т.п.) определяется такими параметрами вакуумных насосов или вакуумной системы как *предельное остаточное давление* – наименьшее достижимое в определенных условиях давление при использовании конкретных устройств откачки и *быстрота откачки* – объем откачиваемого в единицу времени газа

при фиксированном давлении. Существует большое различие по скорости откачки и достижимому остаточному давлению, что на примере отечественных вакуумных насосов иллюстрирует таблица.

Помимо представленных в таблице параметров при компоновке вакуумных систем металлургических и энергетических объектов необходимо принимать во внимание и ряд дополнительных условий: значительные газовые потоки с большим содержанием твердых частиц, минимальное время вакуумирования, периодичность рабочего цикла, показатели надежности и пр. Стремление обеспечить выполнение этих зачастую противоречивых условий требует нестандартных и комплексных решений.

Таблица

Параметры вакуумных насосов

Тип вакуум-насоса	Предельное остаточное давление, мм рт.ст.	Быстрота откачки, л/с, при давлении 760 мм рт.ст. и температуре 20 °С
Поршневые: с клапанным распределением ВНК одноступенчатые ВНК двухступенчатые ВНК	35 ... 70	8 ... 4000
	5 ... 35	12 ... 800
	0,3 ... 5	12 ... 400
Двухроторные безмасляные ДВН	0,005	500 ... 1500
Водокольцевые ВВН	15 ... 110	12 ... 800
Пароэжекторные (в зависимости от числа ступеней)	1 ... 100	1,0 ... 600 кг/ч
Диффузионные: паромасляные парортутные	$2 \times 10^{-6} \dots 5 \times 10^{-6}$	5 ... 3200
	$1 \times 10^{-7} \dots 3 \times 10^{-7}$	10 ... 1500

На рис. 1 показана классификация вакуумных насосов и выделены наиболее применяемые в металлургии и энергетике их разновидности. Исторически в рассматриваемых отраслях в основном использовались различные вакуумные насосы струйного типа. Так, на Магнитогорском металлургическом комбинате в системе дегазации стали в ковше применяется пятиступенчатая пароэжекторная установка. Насосы струйного типа просты, надежны и практически не требуют обслуживания, за исключением диффузионных. Однако эти насосы обладают невысоким КПД, что обусловлено потерями на смешение потоков, имеют большие осевые габариты, а также постоянно потребляют значительное количество пара или жидкости.

Вышеуказанные аспекты работы струйных аппаратов предполагают повышенные эксплуатационные затраты, поэтому в последнее время на ряде предприятий (Ириклинская ГРЭС в Оренбургской области и др.) наметилась тенденция к переходу от струйных вакуумных насосов к механическим. Во-

прос эффективности применения механических и струйных вакуумных насосов обсуждается достаточно давно, одно из первых сопоставлений на основе графиков характеристик можно найти в [2].

При этом следует отметить, что с одной стороны, конструкции вакуумных насосов непрерывно совершенствуются, повышаются их рабочие характеристики и расширяется область потенциального использования [4,5]. В этом отношении для некоторых технологических операций перспективны криогенные и турбомолекулярные насосы [3].

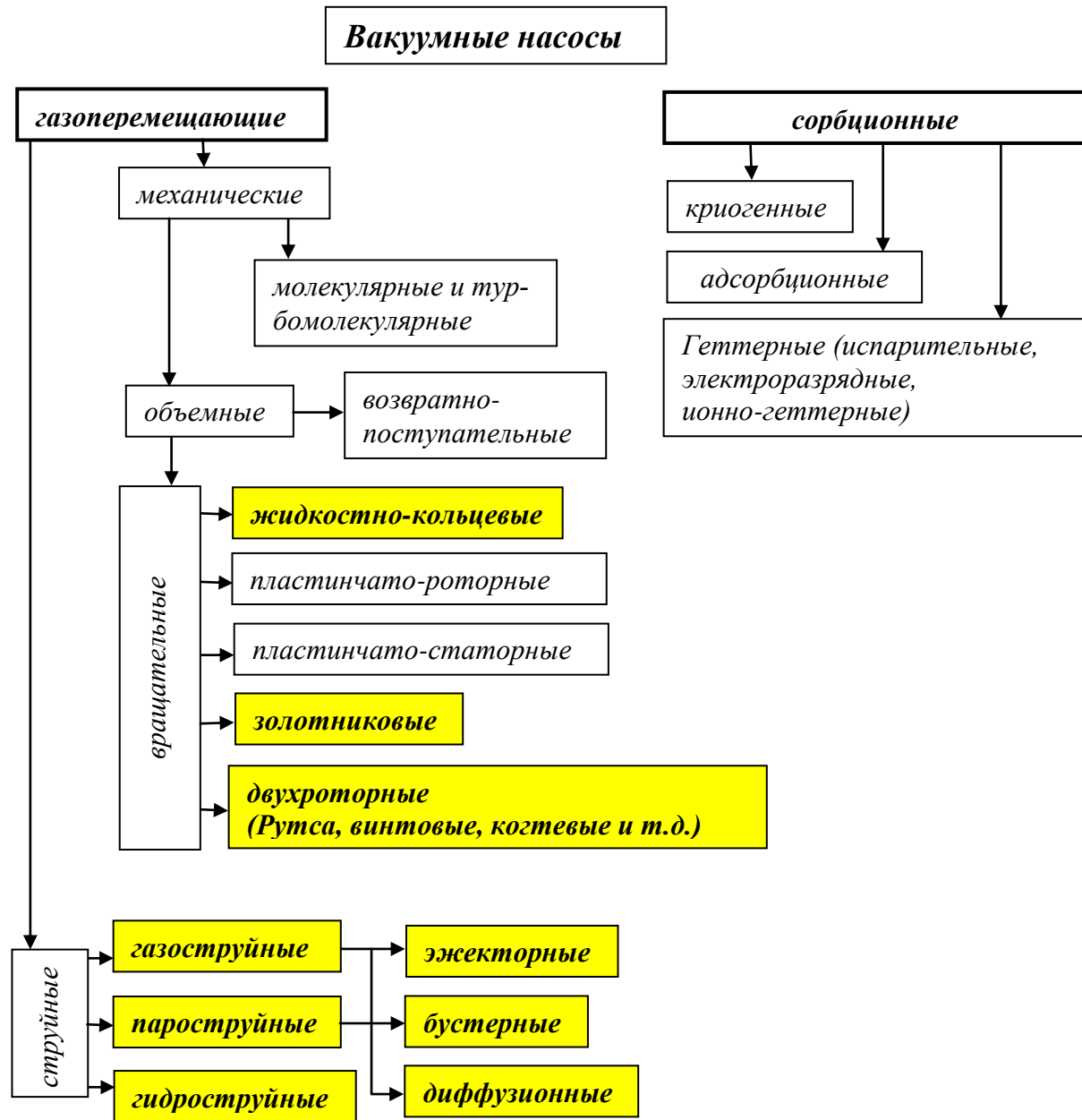


Рис. 1. Классификация вакуумных насосов

С другой стороны, возможности отдельного насоса не беспредельны и зачастую ограничены физикой самого рабочего процесса. Так, например, жидкостно-кольцевой насос отличается простотой конструкции, изотермичностью процесса сжатия газа, но не может обеспечить давления всасывания ниже давления насыщенных паров жидкости. В этом случае для повышения характеристик вакуумной системы применяется комбинированные схемы, одна из которых показана на рис. 2. В этой схеме жидкостно-кольцевой насос создает предварительное разряжение, а струйный аппарат выполняет функцию газобалласта, предотвращая интенсивное испарение жидкости в форвакуумном насосе.

Маслосмазываемые вакуумные насосы (например, золотниковые) обладают повышенной герметичностью, но загрязняют парами масла вакуумируемый объем, что требует установки вакуумных ловушек и дополнительного обслуживания при эксплуатации.

Проблема откачки газа с большим содержанием твердых частиц может решаться либо выбором соответствующего типа вакуум-насоса (например, струйного), либо системой предустановленных фильтров или скрубберов, причем есть опыт удачного использования батарейных циклонов с пониженным гидравлическим сопротивлением.

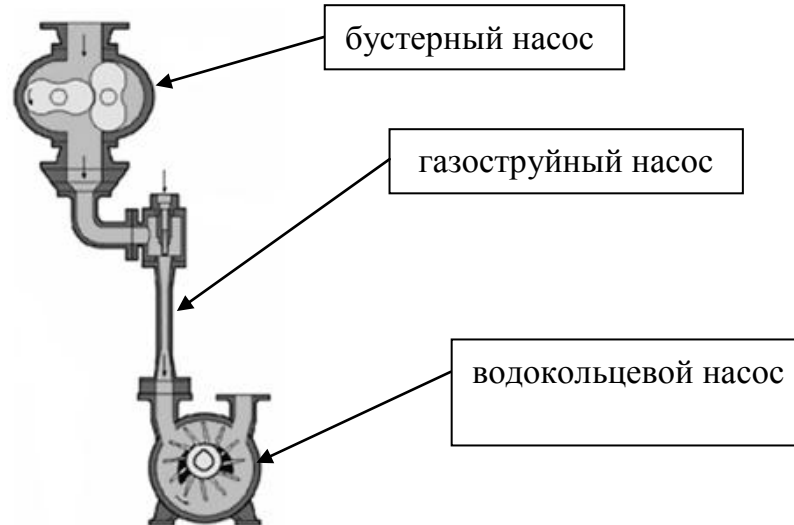


Рис. 2. Схема двухступенчатой вакуумной установки с механическими насосами

Знакомство с вакуумными системами ряда предприятий Уральского региона (ММК, г. Магнитогорск; ВСМПО «АВИСМА», г. Верхняя Салда; «Пермские моторы» и др.) позволило выделить несколько групп вакуумных установок с точки зрения их технического состояния.

1. Новые системы с современным оборудованием, поставляемые «под ключ». Эти системы еще не выработали своего ресурса, при соблюдении рекомендуемого режима работы работают стабильно и без отказов. Сложности, в основном, обусловлены необходимостью приобретать дорогостоящие комплектующие с большим сроком поставки.

2. Предельно изношенные системы советского производства, дающие постоянные отказы, но ввиду простоты конструкции ремонтируемые собственными силами. Помимо прочего, такие системы часто не отвечают современным экологическим стандартам. Так, выхлоп газа после маслосмазываемого форвакуумного насоса может осуществляться непосредственно в помещение цеха, что недопустимо. Такие системы обычно недоукомплектованы необходимыми аксессуарами (вакуумные маслоуловители, виброкомпенсаторы, контрольно-диагностическое оборудование). Все эти факторы не позволяют повысить рабочие характеристики системы.

3. Системы, спроектированные под иные параметры работы или подвергнутые глубокой модернизации с заменой насосов. В таких системах наблюдаются нарушения работы, обусловленные несогласованностью характеристик вакуумных насосов и системы. Так, например, недостаточно быстрый набор вакуума форвакуумным насосом может вызвать волновые процессы с ударами при запуске основного диффузионного насоса. Другой пример. Суммарная производительность жидкостнокольцевых насосов в контуре предварительного разряжения – ниже расчетной. Основной двухроторный насос начинает работать под повышенным перепадом давления, что приводит к перегреву подшипников и срабатыванию защитной автоматики.

Подводя итог всему вышесказанному, можно наметить следующие направления совершенствования вакуумных систем металлургии и энергетики:

- создание комплексных систем с насосами разных типов, с высокой степенью распараллеливания, что повышает показатели надежности и расширяет диапазон регулирования;
- использование вакуумных машин сухого сжатия (Рутса, винтовых), не загрязняющих систему частицами масла, а также применение вакуумных насосов с расширенными возможностями регулирования (частотное управление, струйные аппараты с регулируемым соплом и т.п.);
- максимально широкое применение автоматики для управления системой и мониторинга ее состояния;
- согласование работы отдельных ступеней вакуумной системы как на этапе проектирования, так и процессе ее эксплуатации;
- подготовка и постоянное обучение персонала, способного эффективно обслуживать сложные современные вакуумные системы.

Библиографический список

1. Кеменов, В.Н. Вакуумная техника и технология / В.Н. Кеменов, С.Б. Нестеров. – М.: Изд-во МЭИ, 2002. – 84 с.
2. Standard Handbook for Mechanical Engineers. – Baumeister & Marks, 7th Edition, 1966. – pp. 9–93.
3. Васильев, Ю.К. Современные пути оптимизации откачных вакуумных систем на базе диффузионных насосов / Ю.К. Васильев, С.Б. Нестеров // Материалы IV Международной научно-технической конференции «Вакуумная техника, материалы и технологии». – М.: Новелла, 2009. – С. 81–84.
4. Вакуумные насосы и компрессоры для электростанций. NASH Gardner Denver Product, 2010. [Электронный ресурс]. – URL: <http://rusimpsnab.ru/d/90830/d/nash-powerindustry-ru.pdf>.
5. Вакуумная технология [Электронный ресурс]. – URL: www.oerlikon.com/leyboldvacuum/.

[К содержанию](#)