

Экологические аспекты получения вакуума

Краткое содержание

В лаборатории часто используется вакуум. Для его получения можно применять водоструйный насос или вакуумные насосы (масляные или мембранные). Вакуум следует использовать только в случае насущной необходимости, так как при его получении затрачиваются материалы и энергия, и образуются загрязнения. Водоструйные насосы использовать в работе нежелательно, более предпочтительно применять вакуумные насосы, если, конечно, лаборатория ими оборудована. Из широкого набора предлагаемых к продаже насосов следует выбирать те, которые оборудованы устройством регулирования скорости.

Загрязнения природы при генерировании вакуума

Применение вакуума – это неотъемлемая часть многих стадий работы в лаборатории. Его используют на стадиях перегонки и возгонки при пониженном давлении, при сушке и фильтровании. Вакуум в лаборатории получают с помощью водоструйных, масляных и мембранных насосов. Как и в случае подачи энергии (см. соответствующий раздел), можно показать, что при генерировании вакуума образуется такое или даже большее загрязнение, как и то, которое соответствует реальному превращению при использовании требуемого количества энергии.

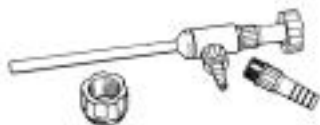


Рис. 1: Пример водоструйного насоса



Рис. 2: Пример вакуумного насоса

В настоящем руководстве мы не можем и не должны окончательно решить вопрос, какой из методов получения вакуума более предпочтителен с экологической точки зрения. Выводы об этом можно сделать только на основании анализа различных систем и целостной оценки методики. Для надежных выводов не обойтись без подробного исследования, однако при рассмотрении качества и размеров различных экологических воздействий можно приблизительно оценить различные методы генерирования вакуума. Для осуществления такой оценки проанализировали потребление материалов и энергии при функционировании нескольких лабораторных приборов, предназначенных для получения вакуума, и сравнили полученные данные.

Применение водоструйных насосов

В водоструйном вакуумном насосе вода под давлением выходит через направляющее отверстие. На выходе из насадки потенциальная энергия превращается в кинетическую,

поэтому скорость потока увеличивается. Ниже направляющего отверстия возникает зона пониженного давления.

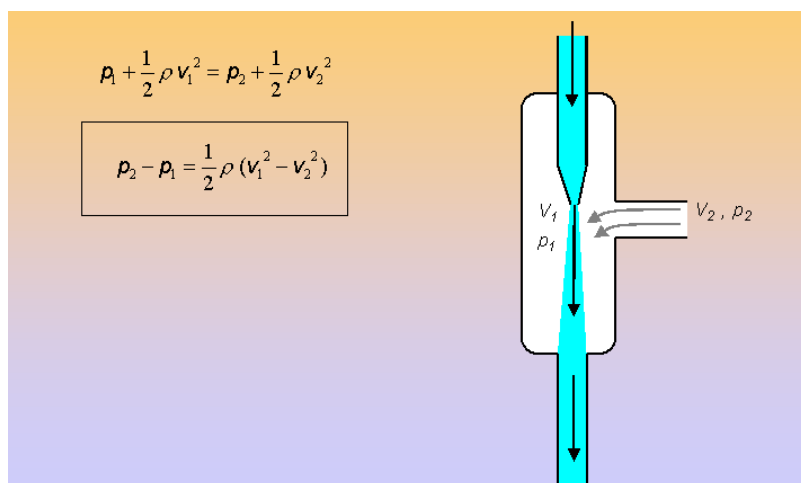


Рис. 3: Принцип действия водоструйного вакуумного насоса

Давление воды в водопроводе ограничено, поэтому применение водоструйных вакуумных насосов допустимо в тех случаях, когда не требуется высокого вакуума (не более 16 гПа). Другой недостаток водоструйных вакуумных насосов вызван тем, что остатки веществ (растворителей) неизбежно попадают в сточные воды. Всасывающая способность водоструйных насосов также меньше, чем у других типов вакуумных насосов. Достоинствами водоструйных насосов является относительно низкая стоимость и, безусловно, более низкая экологическая нагрузка при изготовлении такого оборудования.

Чтобы сделать заключение о загрязнениях, вызываемых использованием водоструйных насосов, проанализировали работу различных устройств. В данном исследовании определяли среднее энергопотребление при подаче питьевой воды.

Потребление воды при получении вакуума

Для оценки потребления воды при работе водоструйных вакуумных насосов при получении вакуума сравнили три насоса различных производителей. Для этого применяли показанное на рис. 4 устройство.

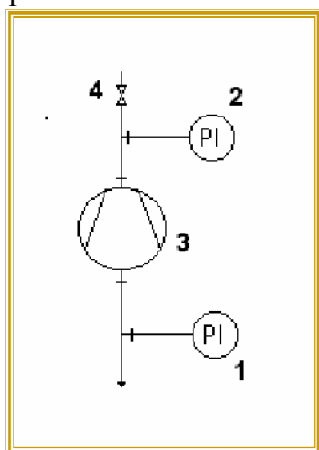


Рис.4: Устройство для измерения потребления воды при работе водоструйного насоса: 1. Манометр для измерения давления при всасывании; 2. манометр измерения давления со стороны воды; 3. водоструйный насос; 4. регулирующий клапан.

Максимальное разрежение все три испытуемых водоструйных насоса обеспечивали через несколько минут работы. Давление воды на входе было постоянным во время всего эксперимента и составляло 4,8 бар. В таблице 1 показано потребление воды, определенное для различных водоструйных насосов.

Таблица 1. Потребление воды водоструйными насосами

	Водоструйный насос			
	Синтетический материал	Стекло 1	Стекло 2	
Начальный вакуум	40	40	40	гПа
Вакуум после 20 мин работы	26	36	34	гПа
Потребление воды	8,74	6,95	6,57	л/мин

Как упоминалось выше, при самой работе водоструйных насосов не требуется электричества, однако оно затрачивается при получении и подаче питьевой воды, необходимой для работы этого вида насосов.

Водоструйные насосы – потребление энергии в процессе водоподготовки

Можно установить непосредственную связь между потреблением энергии на производство и подачу питьевой воды при помощи насосов с производством вакуума с помощью водоструйных насосов. Следует также принимать во внимание материалы и энергию, которые необходимы для производства продуктов, необходимых для обработки питьевой воды. К затратам можно отнести, например, затраты на производство хлора или веществ для предотвращения коррозии в подающих трубопроводах. В таблице 2 приведены данные о потреблении энергии и материалов в процессе получения и подачи питьевой воды различными производителями.

Таблица 2. Потребление энергии и материалов в процессе получения и подачи питьевой воды

Станция водоподдачи	Производимое количество питьевой воды (м ³)	Потребление электроэнергии (кВт/ м ³)	Хлор (г/ м ³)	NaOCl (г/ м ³)	Вещества для предотвращения коррозии (г/ м ³)
1	2655000	1,28	029	072	6,48
2	6852136	0,94	0,23	0,31	0,68
3	9813655	0,35	0,12	0,00	0,00
4	1097063	0,21	0,06	0,97	1,45
5	1236547	0,66	0,00	0,40	0,00

В среднем, как следует из приведенных данных, при получении одного кубометра питьевой воды расходуется 670 Вт (1 Вт = 3,6 кДж) энергии. При потреблении воды водоструйным насосом в размере примерно 7 л/мин это приводит к дополнительному энергопотреблению в размере 5 Вт/мин, что ведет к дополнительному загрязнению, наряду с самим водопотреблением.

В следующих главах оценивается применение других видов вакуумных насосов.

Применение вакуумных насосов

Вакуумные насосы приводятся в действие электроэнергией, они являются альтернативой водоструйным насосам. Недостатком таких насосов в целом является более высокая стоимость по сравнению с водоструйными. К другим недостаткам относятся, например, образование отходов масла в масляных насосах, или необходимость установки криогенных ловушек для конденсации, в которых конденсируются отходы отгоняемых продуктов.

Ниже приведено сравнение энергопотребления водоструйных и других типов вакуумных насосов.

Модель Vacuubrand “MZ 2C/1,7”

Модель Vacuubrand “MZ 2C/1,7” (мощность всасывания 2,4 м³/ч, достигаемое давление < 15 гПа) представляет собой классический насос мембранного типа.

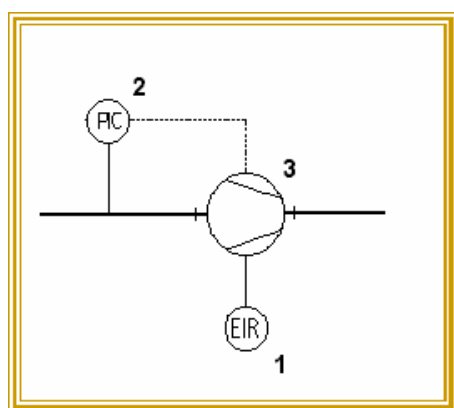


Рис. 5: Устройство для измерения потребления энергии для мембранного насоса 1. измеритель энергии, 2. установка/регулировка давления, 3. мембранный насос.

Таблица 3: потребление энергии вакуумным насосом Модель Vacuubrand “MZ 2C/1,7”

Модель Vacuubrand “MZ 2C/1,7”			
Потребление энергии (Вт/мин)	Номер опыта	1013 гПа	60 гПа
		1	3,08
	2	3,10	2,52
	3	3,06	2,61
	4	3,07	2,53
	5	3,04	2,51
	6	3,07	2,63
	7	3,03	2,56
	8	3,04	2,60

При атмосферном давлении насос потребляет примерно 3,1 Вт/мин, при низком давлении потребление снижется до примерно 2,6 Вт/мин при максимально достигаемом давлении 60 гПа. Потребление энергии в присутствии или в отсутствие газа практически не различается. Поэтому среднее потребление энергии принимают равным 2,8 Вт/мин, независимо от давления.

Масляный насос Leybold/Heræus Модель “trivac D2A”

Этот ротационный пластинчатый вакуумный насос Leybold/Heræus Модель “trivac D2A” (производительность всасывания 2,0 м³/ч) имеет приблизительно одинаковое энергопотребление при всех испытанных давлениях (табл.4), оно составляет в среднем 5,4 Вт/мин.

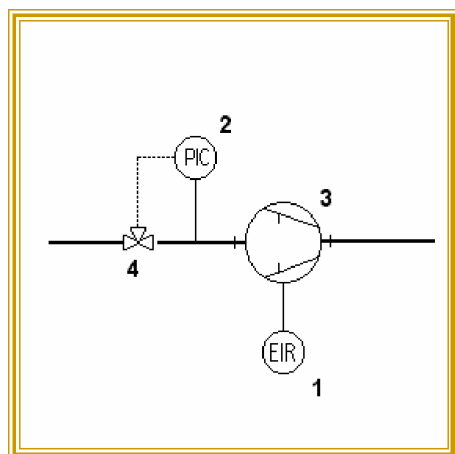


Рис.6: Устройство для измерения энергопотребления – ротационный пластинчатый вакуумный насос: 1. измерение энергии, 2. установка/регулировка давления, 3. ротационный пластинчатый насос, 4. трехходовой клапан.

Таблица 4: Потребление энергии масляным насосом Leybold/Heræus Модель “trivac D2A”

Масляный насос Leybold/Heræus Модель “trivac D2A”					
Потребление энергии (Вт/мин)	Номер опыта	1010 гПа	600 гПа	200 гПа	1 гПа
	1	5,28	5,36	5,52	5,52
	2	5,12	5,36	5,50	5,55
	3	5,28	5,35	5,52	5,60
	4	5,24	5,34	5,51	5,69
	5	5,23	5,35	5,53	5,53
	6	5,26	5,54	5,48	5,73
	7	5,24	5,16	5,51	5,59
	8	5,25	5,34	5,52	5,60

Стендовый насос Vacuubrand модель “CVC 2000”

Этот вакуумный насос (мощность всасывания 1,6 м³/ч, достигаемое давление < 2 гПа) представляет собой масляный насос с регулируемой скоростью вращения, что означает, что степень разрежения регулируется не подачей воздуха, как обычно, а регулированием числа оборотов в минуту.

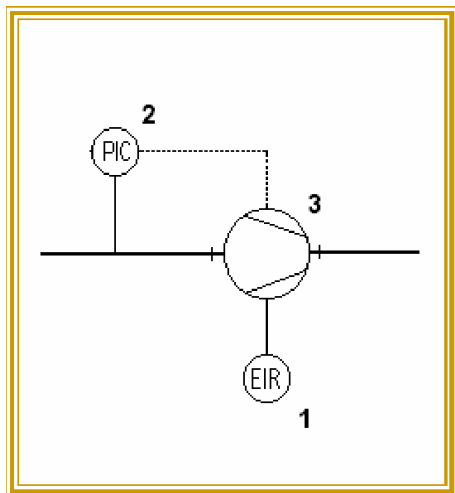


Рис. 7: Устройство для измерения потребления энергии для стендового насоса: 1. измеритель энергии, 2. установка/регулировка давления, 3. мембранный насос.

Испытания показали, что при атмосферном давлении среднее потребление энергии составляет 0,94 Вт/мин. Измерения при более низких давлениях более представительны, поскольку насос прекращает работу самостоятельно при достижении необходимого давления. Следовательно, потребление энергии должно быть ниже значений, приведенных в таблице 5, однако ниже потребления энергии при атмосферном давлении.

Таблица 5: Потребление энергии вакуумным насосом Vacuubrand CVC 2000

Вакуумный насос с регулировкой скорости вращения насос Vacuubrand модель “CVC 2000”					
Потребление энергии (Вт/мин)	Номер опыта	1010 гПа	600 гПа	200 гПа	3 гПа
	1	0,65	0,15	0,23	0,18
	2	0,96	0,12	0,11	0,16
	3	0,95	0,12	0,12	0,19
	4	0,94	0,12	0,12	0,18
	5	0,93	0,13	0,11	0,19
	6	0,93	0,12	0,12	0,17
	7	0,94	0,12	0,11	0,19
	8	0,92	0,13	0,12	0,18

Результаты

По аналогии с действием нагревательных устройств (см. Соответствующий раздел) применение вакуума также оказывает влияние на потребление материалов и энергии при синтезе, и поэтому воздействует на потенциальное загрязнение в результате синтеза. Получение вакуума часто вносит самый существенный вклад в общее энергопотребление при синтезе, поэтому реакции в вакууме следует применять только в тех случаях, когда другие методы разделения не приводят к ожидаемому эффекту.

Высокое потребление воды при сравнимом потреблении энергии приводит к большему загрязнению природы при действии водоструйных насосов по сравнению с другими вакуумными насосами. Поэтому с экологической точки зрения водоструйные насосы лучше не применять, если имеются другие виды насосов.

С экологической точки зрения из всех возможных видов насосов следует выбирать такие, в которых имеется возможность менять мощность всасывания посредством регулировки скорости.