

Система вакуумирования

Система вакуумирования предназначена для создания отрицательного давления в камере.

Минимальное абсолютное давление, создаваемое станцией: 8кПа. По моему личному мнению это самый ответственный узел в вакуумных сушильных камерах.

Проблемы:

1. Перегрев рабочей жидкости

Перегрев рабочей жидкости в водокольцевом вакуумном насосе (ВВН) при сушке древесины — это неизбежный физический процесс, если тепло не отводить принудительно.

2. Вспенивание рабочей жидкости

Это классическая проблема для водокольцевых насосов (ВВН) при работе с древесиной, особенно в режиме термомодификации. Пенообразование в баке с оборотной водой при температуре камеры выше 70С вызвано сочетанием физических и химических факторов.

Выделение «летучих» веществ из древесины При нагреве древесины до 70С (и выше при термировании) из нее активно выходят природные компоненты: смолы, скипидар, эфирные масла и дубильные вещества. Многие из этих веществ являются природными пенообразователями (сапонидами). Когда пары этих веществ попадают в насос, они смешиваются с рабочей водой. ВВН работает как миксер, интенсивно взбивая эту смесь, что приводит к образованию густой пены.



3. Химическая коррозия (Кислотная атака)

При нагреве древесины до 70С из нее выделяются пары органических кислот (преимущественно уксусной и муравьиной). Механизм: Попадая в рабочую воду насоса, эти кислоты снижают её pH (делают воду кислой). Если корпус насоса и рабочее колесо сделаны из обычного чугуна или углеродистой стали, кислота начинает буквально «растворять» металл.

При температурах выше 150-160С начинается термический распад компонентов древесины (гемицеллюлоз). Выброс агрессивных кислот: Количество выделяемой уксусной кислоты вырастает в десятки раз. Вода в насосе превращается в настоящий кислотный электролит. Это разъедает чугунные детали насоса не по дням, а по часам.

Фурфурол и деготь: Из дерева начинают выходить тяжелые маслянистые вещества и фурфурол. Они образуют липкую эмульсию, которая может «закоксовать» внутренние зазоры насоса, когда он остынет.



Штыц



Отвод



Вакуумный насос

Решения: Перегрев рабочей жидкости

Зависимость КПД (и производительности) водокольцевого насоса от температуры воды **критическая**. Чем горячее вода, тем хуже работает насос.

Прямая физическая связь

Работа ВВН основана на создании разрежения. Однако вода в насосе постоянно испаряется. Давление этого пара (давление насыщенных паров) напрямую зависит от температуры:

При $(15-20^{\circ}\text{C})$: Давление паров воды ничтожно. Насос выдает свой максимум (КПД 100% от паспортного).

При $(30-35^{\circ}\text{C})$: Производительность начинает заметно падать (примерно на 10-15%).

При $(50-60^{\circ}\text{C})$: Производительность падает на 30-50%. Насос тратит энергию не на откачку воздуха из вашей камеры, а на «перемалывание» пара, который образуется внутри самого насоса.

При (80°C) и выше: Насос практически перестает качать воздух. Вакуум не создается, так как всё пространство заполнено парами рабочей жидкости. КПД стремится к нулю.

Почему падает КПД:

- Замещение объема: Полезный объем между лопатками, который должен занимать воздух из камеры, заполняется парами горячей воды.
- Кавитация: При высокой температуре и низком давлении вода «закипает» прямо внутри насоса. Пузырьки пара схлопываются, создавая ударные волны. Это не только снижает КПД, но и механически разрушает рабочее колесо (**появляются раковины на металле**).

Как с этим бороться? Радиатор (Теплообменник, Конденсатор): Самое эффективное решение.



Радиатор 2 в 1. Охлаждение пара осуществляется от внешнего воздуха и от воды циркулирующей внутри радиатора. Теплообменник изготовлен из нержавеющей стали AISI 304 толщиной 2мм. Площади поверхности 4,5м². Площадь теплообмена с водой 2м²



Два радиатора установленных последовательно



Промежуточный ресивер-конденсатор (конденсатор поверхностного типа). Охлаждение пара осуществляется от внешнего воздуха. Изготовлен из нержавеющей стали AISI 304 толщиной 2мм. Площади поверхности 18м².

Превращение пара в жидкость

Большая емкость выступит в роли «ловушки». Пар из камеры (60С-160С), попадая в холодную емкость с большой площадью стенок, будет конденсироваться и превращаться в воду.

Результат: Насос будет качать не огромный объем пара, а гораздо меньший объем сухого воздуха. Нагрузка на водокольцевой насос снизится в разы.

Защита от «химии» ясеня, дуба, осины и прочих пород древесины

Значительная часть тех самых вспенивающих веществ (сапонинов и кислот) осядет в виде конденсата на стенках емкости и стечет на дно, не дойдя до насоса.

Результат: Рабочая вода в баке будет оставаться чистой гораздо дольше, и пенообразование прекратится.

Снижение температуры на входе ВН

Стенки емкости будут работать как радиатор. Даже если пар не сконденсируется полностью, он существенно остынет.

!!!! Эффективность вырастет в разы, если обдуть эту емкость вентилятором или сделать внутри «змеевик» с холодной водой. Но «змеевик» с холодной водой это чиллер, а это дополнительная электроэнергия.

Дополнительный эффект (от Промежуточной ресивер-конденсатор)

Если давление в камере и в верхнем конденсаторе одинаковое (они сообщаются), то процесс конденсации при неработающем насосе будет определяться исключительно термической конвекцией и разностью парциальных давлений.

Вот как это будет работать физически:

1. Механизм «Парового лифта»

Горячий влажный воздух из камеры всегда менее плотный, чем холодный. Он естественным образом будет подниматься в верхнюю емкость. Там пар соприкасается с холодными стенками и превращается в жидкость (конденсат). Объем газа при конденсации резко уменьшается (в сотни раз). Это создает локальное падение давления в верхней точке, которое «подсасывает» новую порцию пара из камеры. Результат: Процесс будет идти непрерывно, пока стенки конденсатора холоднее точки росы пара в камере.

!! Опасность «Обратного хода»

Здесь кроется критический момент в конструкции: Когда пар отдает тепло стенкам конденсатора, воздух внутри него остывает, становится тяжелым и стремится опуститься вниз, обратно в камеру.

Если у вас всего одна труба (один канал связи), возникнет встречный поток: горячий пар идет вверх по центру трубы, а холодный воздух стекает вниз вдоль стенок. Это снижает эффективность.

Решение: Для пассивной работы лучше использовать две трубы разного уровня или одну трубу очень большого диаметра (1 1/2"), чтобы потоки не «запирали» друг друга.

Решения: Вспенивание рабочей жидкости

1. Использовать Промежуточный ресивер-конденсатор. Значительная часть тех самых вспенивающих веществ (**сапонинов** и кислот) осядет в виде конденсата на стенках емкости и стечет на дно, не дойдя до насоса.
2. Замена воды, или постоянное подмешивание чистой холодной воды из скважины. Слив лишней воды с верху бака (вместе с пеной).
3. Контроль температуры воды: Для эффективной работы ВВН вода не должна превышать 30-35С. Если она горячее, насос теряет производительность и начинает «бить» воду в пену.
4. Использовать бак для воды большой емкости 1000-2000 литров. Это может значительно снизить концентрацию мыльных субстанций и кислот в рабочей жидкости ВН.

Решения: Химическая коррозия (Кислотная атака)

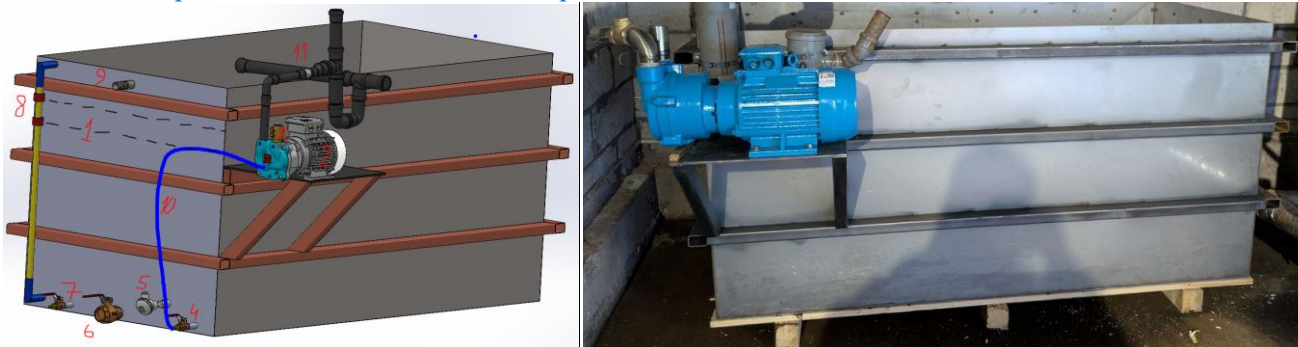
1. Использовать Промежуточный ресивер-конденсатор. Значительная часть тех самых вспенивающих веществ (**сапонинов** и **кислот**) осядет в виде конденсата на стенках емкости и стечет на дно, не дойдя до насоса.
2. Замена воды, или постоянное подмешивание чистой холодной воды из скважины. Подмешивание чистой воды снизит концентрацию кислот.
3. Контроль температуры воды: Для эффективной работы ВВН вода не должна превышать 30-35С. Химические процессы в холодной воде протекают гораздо медленнее.
4. Использовать бак для воды большой емкости 1000-2000 литров. Это может значительно снизить концентрацию кислот в рабочей жидкости ВН.
5. Использовать Вакуумный насос из нержавеющей стали AISI 304 или AISI 316

Используя **ВСЕ и только ВСЕ** вышеперечисленные решения можно добиться надежной и бесперебойной работы вакуумной камеры.

Система вакуумирования.

Практика. Состав ВН → Радиатор 2 в 1 → конденсатор поверхностного типа → Вакуумная камера

1. Бак нержавеющей объемом 2000 литров.



В состав Системы вакуумирования входит:

1. Бак из нержавеющей стали AISI 304 толщиной 2мм. Размер 2000x1000x1000мм. Объемом 2000 литров. Площадь охлаждения 11м².
2. Вакуумный насос (ВН). Нержавеющая сталь вход/выход 1 1/2" (DN40 40мм)
3. Обратный клапан (подключение к вакуумной камере через конденсатор).
4. Шаровой кран. Подача воды в ВН
5. Датчик температуры
6. Шаровой кран. Сливной кран
7. Шаровой кран. Подача воды в бак.
8. Бесконтактные датчики определения уровня жидкости в баке. Используются для определения рабочего уровня жидкости в баке и минимально допустимого уровня.
9. Отвод для слива избыточной воды
10. Шланг
11. Сепаратор-разделитель

2. Радиатор 2 в 1



3. Промежуточный ресивер-конденсатор (конденсатор поверхностного типа).



Важно !!!

Кран на линии подачи воды в водокольцевой вакуумный насос (ВВН) выполняет критически важную функцию для его корректной работы:

Регулировка расхода воды: Для стабильной работы насоса необходимо строго определенное количество жидкости для формирования водяного кольца. Избыток воды увеличивает нагрузку на двигатель и потребление электроэнергии, а недостаток ведет к потере герметичности и падению глубины вакуума.

Кривая производительности	Модель	Номинальная мощность кВт	Максимальная производительность м³/ч	Расход жидкости м³/ч	Вес кг	Шум дБ (А)
60V	2BV2060	0.81	27	0.12	35	62
61V	2BV2061	1.45	52	0.12	37	65
70V	2BV2070	2.35	80	0.15	54	66
71V	2BV2071	3.85	110	0.25	61	72
110V	2BV5110	4	165	0.4	107	63
111V	2BV5111	5.5	230	0.5	130	68
121V	2BV5121	7.5	280	0.6	150	69
131V	2BV5131	11	400	0.9	165	73
161V	2BV5161	15	500	1.2	335	74

Для модели 2BV2071 это 250литров в час. Или 4,2 литра в минуту. Надо «поймать» выхлопную воду за одну минуту взвесить и отрегулировать краном подачу.