

## Информационный бюллетень для продавцов и потребителей компрессорного и пневматического оборудования

### ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ РЕСИВЕРОВ

Воздушный ресивер является одним из основных элементов компрессорной станции – «цепочки» оборудования для производства, хранения и подготовки сжатого воздуха в соответствии с требованиями технологического процесса.

Один из вариантов схемы типовой компрессорной станции для производства сухого сжатого воздуха общепромышленного назначения класса 1.4.1. (ISO 8573-1) представлен на Рис. 1.

Воздушный ресивер предназначен:

- Для накопления и хранения сжатого воздуха, стабилизации давления в пневмосистеме при переменном расходе сжатого воздуха;

- Для поддержания оптимального рабочего

режима работы компрессора и уменьшения числа его пусков/остановов;

- Для демпфирования пульсаций воздушного потока, особенно, после поршневых компрессоров;

- Для охлаждения сжатого воздуха, сбора и удаления выделившегося конденсата, снижения нагрузки на установленное далее оборудование для подготовки воздуха.

Численная оценка влияния объема ресивера на стабилизацию сетевого давления, на демпфирование пульсаций потока представляет довольно сложную техническую задачу. Несколько проще рассчитать количество выделившегося в ресивере конденсата – для этого нужно знать температуру воздуха на входе и выходе из

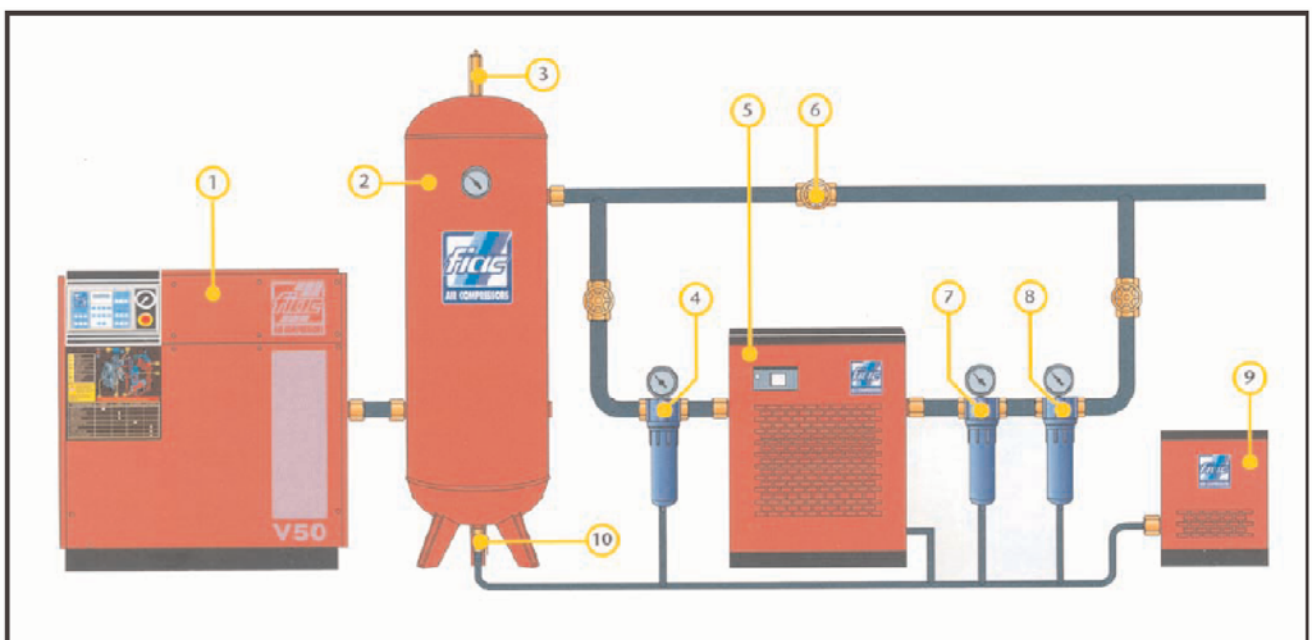


Рис.1 Схема компрессорной станции.

1. Винтовой компрессор. 2. Воздушный ресивер. 3. Предохранительный клапан. 4. Фильтр предварительной очистки воздуха FQ. 5. Рефрижераторный осушитель. 6. Система BU PASS. 7. Фильтр тонкой очистки воздуха FP. 8. Микрофильтр FD. 9. Сепаратор конденсата. 10. Клапан слива конденсата.

ресивера. А вот учесть зависимость режима работы компрессора от объема ресивера можно.

Для того, чтобы это сделать, необходимо связать между собой три величины: производительность компрессора, расход воздуха и частоту включений компрессора в единицу времени, например, за один час.

Рассмотрим и математически опишем режим работы компрессорной установки, предполагая, что расход воздуха постоянный. Как известно, режим работы практически любого компрессора следующий: компрессор включается при давлении включения  $P_{\text{MIN}}$ , работает в режиме нагнетания до давления выключения  $P_{\text{MAX}}$ , а далее, либо отключается (переходит в режим ожидания), либо работает в режиме холостого хода, после чего может перейти в режим ожидания или в режим нагнетания.

В режиме нагнетания сжатый воздух, произведенный компрессором, поступает в ресивер и одновременно выходит из него за счет работы подключенных потребителей. Разница между произведенным воздухом (производительностью компрессора,  $Q_K$ ) и расходом воздуха (предполагается, что расход воздуха постоянный)  $Q_{\text{РАСХ}}$  будет «собираться» в ресивере. Если объем ресивера обозначить  $V_P$ , то время работы компрессора в режиме нагнетания определится по формуле:

$$t_1 = V_P \times (P_{\text{MAX}} - P_{\text{MIN}}) / (Q_K - Q_{\text{РАСХ}})$$

Далее, в режиме ожидания (режиме холостого хода) компрессор не производит сжатый воздух. Работа пневмооборудования происходит за счет сжатого воздуха, находящегося в ресивере. Время падения давления в ресивере от  $P_{\text{MAX}}$  до  $P_{\text{MIN}}$  рассчитывается так:

$$t_2 = V_P \times (P_{\text{MAX}} - P_{\text{MIN}}) / Q_{\text{РАСХ}}$$

Складывая полученные значения, получим величину, которую назовем «время одного рабочего цикла» компрессора. Осталось определить с допустимым количеством этих самых рабочих циклов (по сути, включений компрессора) в единицу времени.

Существуют два основных мнения на этот счет.

Первое, это рекомендация многих компаний-производителей компрессорного

оборудования об ограничении числа включений компрессора - не более 10 раз в течение часа. Электронные пульта управления на компрессорах этих производителей при превышении допустимого числа включений рассматривают такой режим работы как «ошибочный» и отключают установку.

Второе, это также рекомендация об ограничении числа включений компрессора в единицу времени, но уже с учетом мощности установленного на компрессоре приводного электродвигателя. Эти зависимости приведены в Таблице 1.

Таблица 1.

Рассмотрим несколько конкретных

Мощность электродвигателя, кВт	Максимальное число включений за 1 час
4 – 7,5	30
11 – 22	25
30 – 55	20
75 – 90	15
110 – 160	10
200 - 250	5

примеров расчета режима работы компрессорных установок и определим, как влияет на их работу объем ресивера. В общем случае все примеры можно разбить на два типа:

- связанные с проверкой на соответствие рабочим условиям объема ресивера, уже входящего в состав компрессорной установки;
- связанные с выбором ресивера требуемого объема для «рамного» компрессора.

**Пример 1.** Рассчитаем режим работы винтового компрессора CRSD 15/300 E с производительностью 1380 л/мин, ресивером объемом 270 л и мощностью электродвигателя 11 кВт. Предположим, что расход воздуха постоянен и составляет 1200 л/мин, а давление включения/выключения 8 и 10 бар соответственно.

В этом случае, время работы компрессора в режиме нагнетания составит:

$$t_1 = 270 \times (10 - 8) / (1380 - 1200) = 3 \text{ мин.}$$

После достижения давления выключения компрессор переходит в режим холостого хода. Время работы в этом режиме:

$$t_2 = 270 \times (10 - 8) / 1200 = 27 \text{ с.}$$

После этого компрессор вновь перейдет в режим нагнетания.

Таким образом, время одного рабочего цикла компрессора ( $t_{\text{PC}}$ ) составит 3 мин 27 с,

или произойдет примерно 17 включений компрессора в течение часа. Если исходить из ограничения числа включений в течение часа на более 10 раз – режим работы явно недопустимый.

С другой стороны, мы видим по таблице, что такой режим работы для компрессора с мощностью электродвигателя 11 кВт вполне приемлем.

Если же рассмотреть работу винтового компрессора CRSD 15/500 E с производительностью 1380 л/мин и ресивером объемом 500 л при том же расходе воздуха, то получим:

Время работы компрессора в режиме -  
 $t_1 = 500 \times (10 - 8) / (1380 - 1200) = 5 \text{ мин } 33 \text{ с.}$

Время работы в режиме холостого хода -  
 $t_2 = 500 \times (10 - 8) / 1200 = 50 \text{ с.}$

Время одного рабочего цикла компрессора составит 6 мин 23 с. Компрессор включится в работу примерно 9 раз в течение часа, т.е. почти в два раза реже, чем при использовании 270 л ресивера.

**Пример 2.** Рассчитаем режим работы поршневых компрессоров АВ 100/850, АВ 300/850 и АВ 500/850 с производительностью на всасывании 830 л/мин (620 л/мин на выходе) и ресиверами объемов 100, 270 и 500 л. Мощность электродвигателя у каждого компрессора 5,5 кВт. Расход воздуха постоянен и составляет 500 л/мин, а давление включения/выключения 8 и 10 бар соответственно.

Если провести расчеты в соответствии с методикой, изложенной в предыдущем примере, получим: 29 включений за 1 час при объеме ресивера 100 л; 11 включений за 1 час при объеме ресивера 270 л и 6 включений за 1 час при объеме ресивера 500 л. Как видно, оптимальный объем ресивера при данном расходе воздуха 270 л. При объеме ресивера 100 л компрессор будет слишком часто включаться, а при объеме 500 л слишком долго работать в режиме нагнетания, что, скорее всего, приведет к повышенному нагреву компрессорной группы.

Но это еще не все. Как известно, для правильного использования и нормальной работы компрессора необходимо учесть, что номинальный режим его работы повторно-кратковременный с повторяемостью включения (ПВ) до 60%. Иными словами, отношение времени работы в режиме

нагнетания поршневого компрессора  $t_1$  к общему времени одного рабочего цикла компрессора  $t_{\text{рц}}$  не должно превышать 60%. В нашем случае это время составляет 80%, что сразу указывает на то, что компрессор будет работать с перегрузкой.

**Пример 3.** Определим необходимый объем ресивера для установки после винтового компрессора CRS 30 с производительностью 3190 л/мин и мощностью электродвигателя 22 кВт. Предположим, что расход воздуха постоянен и составляет 2700 л/мин, давление включения/выключения 8 и 10 бар соответственно, а допустимое число пусков/остановов компрессора в течение часа, например, 12.

Для решения этой задачи необходимо решить простейшее алгебраическое уравнение.

Время работы компрессора в режиме нагнетания:

$$t_1 = V_P \times (P_{\text{MAX}} - P_{\text{MIN}}) / (Q_K - Q_{\text{РАСХ}})$$

Время работы компрессора в режиме холостого хода:

$$t_2 = V_P \times (P_{\text{MAX}} - P_{\text{MIN}}) / Q_{\text{РАСХ}}$$

Складывая две этих величины получаем время одного рабочего цикла  $t_{\text{рц}}$ , составляющее в нашем случае -  $60 / 12 = 5 \text{ мин.}$

Решая уравнение, найдем неизвестную величину  $V_P$ , которая равна 1036 л. А на практике, наилучшим решением будет установка двух ресиверов объемом по 500 л.

В заключении хочется сделать небольшое замечание ко всем рассмотренным примерам. Очень часто при наличии протяженных трубопроводов, их объем, в какой-то степени являющийся ресивером, довольно значителен, и пренебрегать им при расчетах нельзя. Если идет проектирование новой пневмомагистрали, то, зная предполагаемую длину трубопровода и его диаметр, объем рассчитать довольно просто. С методикой оценки объема уже существующего трубопровода можно ознакомиться в журнале «КиП» февраль 2006 г.