**Как выбрать компрессор.**

С чего начать…
Из чего же нужно исходить, делая выбор? Исходить нужно из потребностей. Мысль не очень оригинальная, но справедливая, причем справедливая при выборе любого оборудования. Поскольку лучше всего о своих потребностях осведомлены мы сами - за нами и первое слово. Перед тем, как нанести визит в магазин, нужно по возможности более точно подсчитать количество потребителей сжатого воздуха, определить их рабочие параметры (давление и номинальный расход воздуха) и предполагаемый режим работы. Рабочие параметры пневмоинструмента или пневмооборудования указываются в паспорте. Если по каким-либо причинам эта информация отсутствует, можно у своих коллег или любого продавца пневмооборудования выяснить характеристики аналогичных устройств. Как правило, возможная небольшая ошибка не будет роковой. Для справки мы приводим параметры наиболее часто применяемого на практике инструмента. Понятно, что пневмоинструмент используется в работе не непрерывно, а время от времени, соответственно изменяется текущее воздухопотребление. Для определения характеристик компрессора ориентируются на усредненное значение потребности в сжатом воздухе. Чтобы ее рассчитать, нужно, исходя из опыта эксплуатации и знания технологии планируемых работ, представить, каковы будут продолжительность и периодичность между включениями инструмента, возможна ли одновременная работа нескольких устройств и каких. Сказанное касается тех, кто впервые приобретает компрессор. Если вы уже используете источник сжатого воздуха, который по каким-либо соображениям не удовлетворяет потребностям вашего предприятия, например, в связи с ростом количества потребителей или увеличившейся интенсивностью работ, нужно знать технические характеристики используемого компрессора, включая объем ресивера, а также сформулировать конкретные претензии к его работе. Например, если компрессор не обеспечивает требуемый расход воздуха, что часто приводит к перерывам в работе, следует экспериментально установить, за какой период времени давление в ресивере падает ниже допустимого уровня.

Поршневой компрессор.
Существуют различные типы компрессоров, используемые в технике в качестве источников сжатого воздуха. В компрессорах этого типа воздух сжимается в замкнутом пространстве цилиндра в результате возвратно-поступательного движения поршня. Конструктивно они представляют собой агрегат, включающий компрессорную головку, электропривод, ресивер и устройство автоматического регулирования давления (прессостат). Популярность поршневых компрессоров определяется их невысокой стоимостью, приемлемыми массогабаритными показателями, простотой в эксплуатации и обслуживании и выходными характеристиками, способными удовлетворить потребности практически любого предприятия. К основным характеристикам компрессора относятся два параметра - максимальное давление (Pmax) и объемная производительность или подача (Q). Большинство предлагаемых сегодня на рынке компрессоров развивают давление, превышающее потребности стандартного пневмооборудования и инструмента. На рынке представлены компрессоры с максимальным давлением 6, 8, 10, 16 бар. Напомним, что номинальное рабочее давление окрасочных пистолетов - 3-4 бар, пневмоинструмента - до 6,5 бар. Исключение составляет пневмопривод шиномонтажных станков, для которого многие производители рекомендуют использовать сжатый воздух при давлении 8-10 бар. Впрочем, практика показывает, что пневматика шиномонтажного оборудования надежно работает и при использовании 8-барного компрессора. Что еще нужно учитывать, определяя максимальное давление, развиваемое компрессором? Во-первых, следует иметь в виду, что система автоматического регулирования давления всех компрессоров настроена таким образом, что обеспечивает поддержание давления в ресивере с допуском -2 бар от максимального значения. Это означает, что в процессе работы компрессора с Pmax=8 бар давление на выходе может изменяться в диапазоне от 6 до 8 бар, у 10-барного, - соответственно, от 8 до 10 бар. Заводские регулировки прессостата могут быть изменены пользователем только в сторону уменьшения минимального давления. Во-вторых, необходимо учитывать, что наличие протяженных пневмомагистралей до потребителей сжатого воздуха вызывают падение давления в линии. При ошибках в проектировании пневмосети (применении труб малого диаметра, использовании водопроводных запорных устройств, нерациональной прокладке магистралей и т. д.) оно может достигать существенной величины и стать причиной неэффективной работы пневмооборудования. Чтобы избежать возможных неприятностей в таких случаях, нужно отдать предпочтение компрессору с более высоким максимальным давлением. Некоторый запас по давлению полезен и с другой точки зрения. Чем выше давление, развиваемое компрессором, тем большую массу воздуха он может закачать в ресивер и тем большее время последний будет опорожняться до минимально допустимого давления, обеспечивая компрессору время для отдыха. Кстати, об отдыхе: а нужен ли он железному компрессору? В ответе на этот вопрос кроется ключ к пониманию особенности рабочего процесса в поршневом компрессоре. Учитывая ее, определяют важнейшую характеристику компрессора - производительность.

Режим работы поршневого компрессора.
Сжимаясь в цилиндре поршневого компрессора, воздух нагревается. На выходе из одноступенчатого компрессора его температура превышает 150 °С. При этом часть тепла поглощается деталями и элементами конструкции головки компрессора, что приводит к повышению их температуры и изменению тепловых зазоров в узлах трения. Если не обеспечить отвод тепла, головка не успевает охлаждаться. Последствия представить несложно: температура смазываемых узлов возрастает выше допустимого уровня, полностью выбираются тепловые зазоры, горячее масло, подаваемое к парам трения разбрызгиванием, не держит "масляный клин". В "лучшем" случае это грозит ускоренным износом механизма компрессора, в худшем - немедленным выходом из строя в результате заклинивания. Это учитывается при проектировании компрессора. Для обеспечения теплосъема применяют принудительное охлаждение компрессорной головки - обдув воздухом. В качестве нагнетателя обычно используется вентилятор электродвигателя или шкив коленчатого вала компрессора. Чтобы повысить эффективность охлаждения, корпус головки изготавливают из сплавов с высокой теплопроводностью и делают оребренным. Такие меры наиболее просты и дешевы, но недостаточны для того, чтобы обеспечить продолжительную непрерывную работу поршневого компрессора. Поэтому поршневой компрессор изначально рассчитывается на эксплуатацию со строго определенной скважностью, что предполагает обязательное наличие перерывов, необходимых для нормализации теплового режима головки. Количественно режим эксплуатации оценивается коэффициентом внутрисменного использования (Кви), показывающим, какую часть времени компрессор способен работать непрерывно. Отечественный стандарт определяет три вида режимов работы компрессора: кратковременный (Кви = 0,15), непродолжительный (Кви = 0,5) и продолжительный (Кви = 0,75). Способность дольше работать в непрерывном режиме означает в конечном счете большую надежность и ресурс техники. Она достигается использованием более совершенных материалов и схемных решений, больших запасов прочности конструктивных элементов, что, естественно, отражается на стоимости продукции. В зависимости от допустимого режима эксплуатации, а также выходных характеристик зарубежные производители подразделяют свою продукцию на несколько серий: хобби (полупрофессиональную), профессиональную и промышленную. О том, чем они принципиально отличаются, мы расскажем далее. Как обеспечивается требуемый режим эксплуатации компрессора? Прежде всего, рассчитывая его объемную производительность, нужно соблюсти правильный баланс между этой важнейшей характеристикой и средним воздухопотреблением. Эти параметры связаны между собой через коэффициент, зависящий от класса компрессора, который больше единицы для компрессоров всех серий. Это означает, что подача компрессора должна быть всегда больше, чем среднее воздухопотребление. Производя сжатого воздуха больше, чем расходуется, компрессор сам создает для себя задел, позволяющий ему время от времени "расслабляться". Величина запаса по производительности тем больше, чем ниже положение, занимаемое компрессором в "табели о рангах". Отдав предпочтение более дешевой технике (например, полупрофессиональной серии), необходимо заложить в расчеты больший запас по производительности. Функцию хранения запасенного сжатого воздуха выполняет ресивер, а в случае разветвленной пневмосети - также и внутренний объем магистралей. В этом заключается наиважнейшая роль ресивера наряду с демпфированием пиковых нагрузок, сглаживанием пульсаций давления и охлаждением сжатого воздуха. Может сложиться мнение, что чем больше емкость ресивера, тем легче жизнь компрессора. Это мнение ошибочно. Дело в том, что для наполнения ресивера до максимального давления, когда автоматика прессостата отключает компрессор, требуется время, и немалое. При необоснованном увеличении объема ресивера компрессор будет трудиться непрерывно на его восполнение, выходя из допустимого режима работы. Объем ресивера связан как с производительностью компрессора, так и с характером воздухопотребления. По этой причине компрессорная головка одной производительности может комплектоваться ресиверами нескольких типоразмеров, объем которых отличается в несколько раз. В среднем объем ресивера таков, что компрессор способен наполнить его за 3-4 мин. Если потребности в сжатом воздухе примерно равномерные по времени, то в целях экономии средств можно ограничиться минимальным ресивером. Если возможны пиковые нагрузки, лучше предпочесть больший. Итак, грамотно выбрать компрессор для заданного воздухопотребления означает определить его производительность и объем ресивера таким образом, чтобы при эксплуатации данный компрессор работал в режиме внутрисменного использования, на который он рассчитан. Несоответствие режима работы паспортному значению приводит либо к неэффективному использованию компрессора, либо к сокращению его ресурса и преждевременному выходу из строя. Как упоминалось, поршневых компрессоров, имеющих Кви = 1, в природе не существует. Поэтому, если ваш компрессор на протяжении смены "молотит" без перекуров - это верный признак того, что он подобран неправильно и вскоре выйдет из строя.

Особенности расчета.
Приступая к расчету характеристик компрессора, полезно знать следующее. Масса воздуха, перекачиваемая компрессором в единицу времени, - величина постоянная и зависит от его конструктивных особенностей. Однако производительность принято определять не в массовых, а в объемных величинах, что часто приводит к путанице и ошибкам в расчетах. Дело в том, что воздух, как и другие газы, сжимаем. Это означает, что одна и та же масса воздуха может занимать разный объем в зависимости от давления и температуры. Точная взаимосвязь между этими величинами описывается сложной степенной зависимостью или уравнением политропы. В случае компрессора, наполняющего ресивер, это означает, что с ростом давления в ресивере (на выходе компрессора) его объемная производительность уменьшается. Если объемная подача компрессора - переменная по времени,- какая же цифра указывается в технических характеристиках? Согласно ГОСТ, производительность компрессора - это объем воздуха, выходящий из него, пересчитанный на физические условия всасывания. В большинстве случаев физические условия на входе в компрессор соответствуют нормальным: температура - 20 °С, давление - 1 бар. ГОСТ также допускает возможность отклонения реальных характеристик компрессора от указанных в паспортных данных на величину ±5%. Кстати, на нормальные условия пересчитывают и параметры потребителей сжатого воздуха, чтобы привести их к общему знаменателю с характеристиками источника. Поэтому номинальный расход 100 л/мин означает, что при рабочем давлении пневмоинструмент за минуту потребляет такое количество воздуха, которое при нормальных условиях заняло бы объем, равный 100 литрам. Зарубежные производители, не знакомые с содержанием наших ГОСТов, определяют производительность своей продукции иначе, что порой приводит к ошибкам. В паспортных данных на импортную технику указывается теоретическая производительность компрессора (производительность по всасыванию). Теоретическая производительность определяется геометрическим объемом воздуха, который поместится в рабочей полости компрессора за один цикл всасывания, умноженный на количество циклов в единицу времени. Она отличается от реальной, выходной, в большую сторону. Отличие учитывается коэффициентом производительности (Кпр), зависящим от условий всасывания и конструктивных особенностей поршневого компрессора - потерь во всасывающих и нагнетательных клапанах, наличия недовытесненного, "мертвого", объема, приводящих к уменьшению наполнения цилиндра. Для компрессоров профессиональной серии коэффициент производительности может составлять величину от 0,6 до 0,7, причем большие значения соответствуют большей подаче. Различия характеристик, рассчитанных по входу и на выходе, могут достигать существенной величины. Может, это и является причиной того, что лукавые иностранные производители указывают данные по всасыванию, - выглядят они значительно солиднее. Для продукции бытовой серии таких данных не приводит никто, хотя из практики известно, что реальный "выход" бытовых компрессоров едва ли превышает 50% от заявляемой теоретической производительности. Точный расчет характеристик поршневого компрессора сложен и связан с решением степенных уравнений. Приводимая методика выбора компрессора содержит упрощенные соотношения, которые тем не менее дают небольшую погрешность, и позволяет правильно определить его параметры. Обратите внимание, что в ней определяется теоретическая производительность компрессора (по входу). Чтобы пересчитать полученные данные на "выход" (в случае расчета отечественного компрессора), нужно результат уменьшить на 30-40%. Итак, правильно определив исходные данные и выполнив несколько математических вычислений, можно понять, какими характеристиками должен обладать компрессор. Однако выбирать нужно конкретную технику, а не характеристики.

Номинальные параметры пневмооборудования

Инструмент
Рабочее давление, Бар
Расход воздуха, л/мин
Коэффициент использования

Окрасочный пистолет
3-4
300-400
0,6-0,7

Машинка шлифовальная, полировальная
6,5
350-450
0,6-0,7

Отрезная машинка
6-8
800-1200
0,5

Обдувочный пистолет
-
150-250
0,2

Пневмозубило
6-8
150-250
0,3

Угловой гайковерт
6-8
150-200
0,3

Ударный гайковерт 1/2''
6-8
400-500
0,2

Методика расчета характеристик компрессора
Шаг 1. Расчет воздухопотребления. Определяется состав потребителей сжатого воздуха и их номинальный расход воздуха (Gi). Периодичность работы учитывается применением в расчетах полученного опытным путем коэффициента использования пневмооборудования (Киi), равного отношению длительности их работы к продолжительности смены. G(л/мин) = G1\*Kи1+G2\*Kи2+ ...
Шаг 2. Расчет теоретической производительности компрессора (по входу). Qвх (л/мин) = G\*b, b - коэффициент запаса производительности, зависящий от класса компрессора и максимального давления, определяемый по таблице: Максимальное давление Pmax(бар)

Класс компрессора

10

8

6

Полупрофессиональный

1,7

1,6

1,5

Профессиональный

1,6

1,5

1,4

Промышленный

1,4

1,3

1,2

Чтобы получить значение выходной производительности (необходимо при выборе отечественного компрессора), полученные данные нужно уменьшить на 30-40%.

Шаг 3. Определение объема ресивера V(л) = G t Кпр / 60 DP, DP - диапазон регулировки давления в ресивере (мин. значение - 2 бар); t - допустимое время (сек), за которое давление в ресивере падает от максимального до минимального (рекомендуется от 30 сек и более в зависимости от требований к пневмосети); Кпр - коэффициент производительности компрессорной головки (для одноступенчатых - 0,65, для двухступенчатых - 0,75).

Если у вас уже есть компрессор, который не обеспечивает ваши потребности.

Шаг 1. Хронометрированием экспериментально определяем наименьшее значение t - время (сек), за которое давление в ресивере падает от максимального до минимального (время между остановкой и включением компрессора).
Шаг 2. Рассчитываем реальное воздухопотребление по формуле: G = 60 V DP / t Кпр, V - объем ресивера (л); DP - диапазон регулировки давления в ресивере (мин. значение - 2 бар); Кпр - коэффициент производительности компрессорной головки (для одноступенчатых - 0,65, для двухступенчатых - 0,75).
Шаг 3. Используя полученные данные, пересчитываем характеристики компрессора согласно методике.

Если у вас уже есть компрессор, который не обеспечивает ваши потребности.

Определите, за какое время импортный компрессор профессиональной серии с Рмаx = 8 бар и производительностью Qвх = 200 л/мин накачает ресивер объемом 100 л до давления 8 бар.

Вариант 1. Если вы не читали статью или делали это невнимательно, вы получите такой, казалось бы, очевидный, но абсолютно неправильный ответ: t = V / Qвх = 100 / 200 = 0,5(мин).

Вариант 2. Если вы усвоили кое-что из прочитанного, то, пересчитав формулу, использовавшуюся для определения объема ресивера, относительно t, получите: t = 60 V DP / Q Кпр = 60 \* 100 \* 8 / 200 \* 0,6 = 400(сек) = 6,7(мин) (Кпр принят равным 0,6, так как производительность низкая ).

Как видите, игнорирование теории может привести к ошибке более, чем в 13 раз!