ЛЕКЦИЯ №8 ПОДСИСТЕМА ПОДГОТОВКИ СЖАТОГО ВОЗДУХА

Воздух в системах пневмоавтоматики является энергоносителем и носителем сигналов информации.

Поэтому качество воздуха в значительной степени определяет надежность работы систем пневмоавтоматики. В промышленности для систем пневмоавтоматики приняты 3 диапазона давления питания:

- низкий (0,0012-0,005 МПа);
- нормальный (0,118-0,175 МПа);
- высокий (0,4-1 МПа).

Давление низкого диапазона применяют для питания мембранных вычислительных приборов низкого давления, а также устройств струйной пневмоавтоматики.

Для питания основных управляющих и регулирующих мембранных приборов пневмоавтоматики, которыми в настоящее время оснащено большинство предприятий, используют давления нормального диапазона.

Высокое давление применяется для питания поршней и мембран исполнительных устройств.

Использование низкого давления для питания вычислительных устройств обусловлено тем, что при низких давлениях легко могут быть получены линейные сопротивления.

Отличия в потреблении мощности еще разительнее. Воздух, питающий пневматические устройства при давлении нормальных и высоких диапазонов, подвержен значительному сжатию. Так, например, если давление воздуха увеличивается с 98 до 236 Па, а затем воздух охлаждается до прежней температуры, то абсолютная влажность увеличивается в 2,4 раза. Если при этом относительная влажность станет >100%, то из воздуха выпадает конденсат. Конденсат на деталях вызывает их коррозию, а если температура отрицательная, то могут возникать ледяные пробки, препятствующие

поступлению воздуха. Конденсат также вызывает примерзание подвижных деталей.

Поэтому в системе подготовки воздуха для устройств, работающих при нормальном и высоком рабочем давлении и при температуре ниже нуля, должно быть предусмотрено устройство для осушки воздуха (дегидратор). Воздух следует осушать до такой влажности, чтобы точка росы была ниже температуры среды, окружающей пневматические устройства.

Таким образом, в источник питания сжатым воздухом должны входить:

- компрессор;
- фильтр для очистки воздуха от пыли;
- маслораспылитель;
- устройства осушки и охлаждения сжатого воздуха;
- ресивер - емкость для создания резервного запаса воздуха.

8.1 КОМПРЕССОРЫ

По физическому принципу работы различают компрессоры объемного и динамического типов.

В объемных компрессорах, работающих по принципу вытеснения, воздух замыкают в рабочей камере и затем уменьшают ее объем, после чего рабочая камера соединяется с отводящим (нагнетательным) трубопроводом.

В динамических компрессорах воздух поступает на рабочий орган, сообщающий ему кинетическую энергию, которая на выходе компрессора преобразуется в потенциальную.

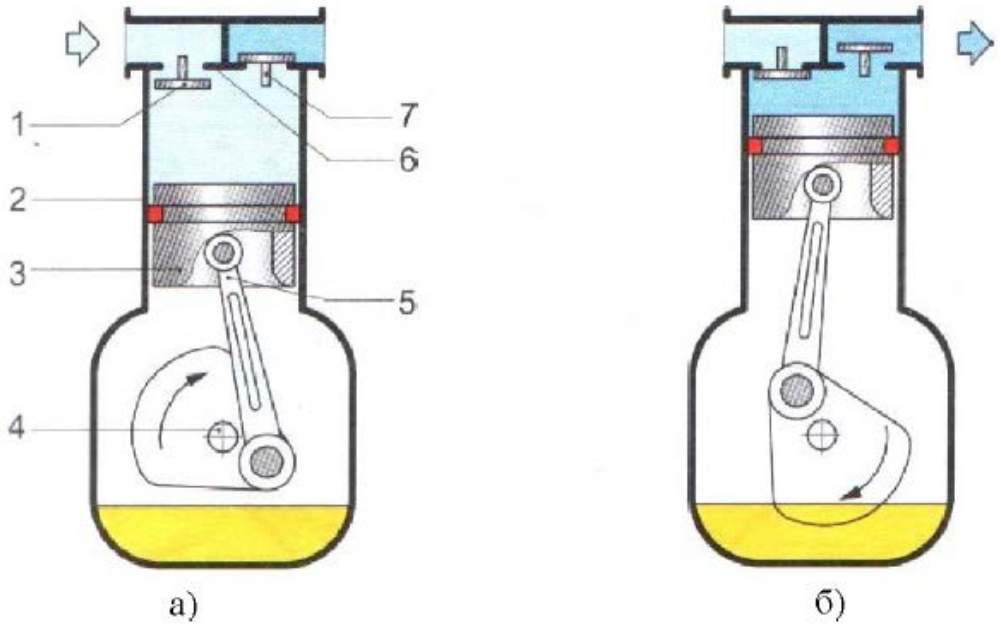
Для получения высоких давлений при небольшой производительности используют компрессоры объемного типа (исключая компрессоры Рутса), а для получения больших расходов при относительно малом давлении - компрессоры динамического типа.

Объемные компрессоры

Наиболее широкое применение находят поршневые компрессоры.

Существует множество типов поршневых компрессоров. Они бывают простого и двойного действия, одноступенчатые и многоступенчатые, одноцилиндровые и многоцилиндровые, с воздушным и водяным охлаждением.

Основными деталями поршневого компрессора простого действия (рисунок 8.1) являются: цилиндр 2 с нагнетательным 7 и всасывающим 1 клапанами в крышке 6; поршень 3; кривошипношатунный механизм 5, преобразующий вращательное движение приводного вала 4 в возвратно-поступательное движение поршня.



1 - всасывающий клапан; 2 - цилиндр; 3 - поршень; 4 - приводной вал; 5 - кривошипно-шатунный механизм; 6 - крышка; 7 - нагнетательный клапан.

Рисунок 8.1 – Компрессор поршневой

Для увеличения производительности иногда применяют поршневые компрессоры двойного действия.

Производительность компрессора двойного действия практически в два раза выше производительности компрессора традиционной конструкции при одинаковых объемах рабочих камер.

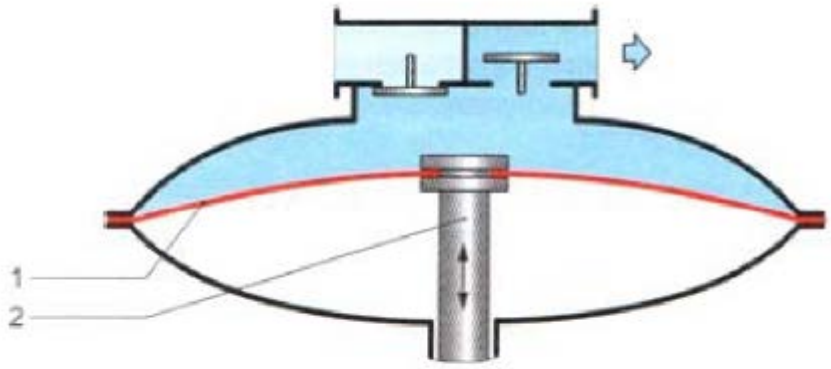
Одноступенчатые компрессоры позволяют получить сжатый воздух с избыточным давлением до 1,3 МПа (13 бар), а развиваемая ими производительность достигает 20 тыс. $м^3$/ч.

Поршневые компрессоры подают воздух в нагнетательный трубопровод неравномерно, отдельными порциями. Степень неравномерности увеличивается еще и вследствие того, что скорость движения поршня не постоянная, а изменяется по синусоидальному закону. Для сглаживания неравномерности подачи воздуха, а, следовательно, и пульсаций давления в линии нагнетания, применяют многопоршневые компрессоры, ходы поршней которых сдвинуты по фазе.

Если источником сжатого воздуха служит поршневой компрессор, поршни которого подвергаются смазке, то в воздухе, поступающем в пневмоустройства, будут находиться пары масла.

Масляные пары отрицательно влияют на работу пневматических приборов, а в результате длительного действия могут полностью вывести их из строя. Масло, осаждаясь на внутренних поверхностях пневматических устройств, не только засоряет дросселирующие органы, но и разрушает немаслостойкие резиновые мембраны.

Сжатый воздух, не содержащий паров масла, можно получить без применения маслоудерживающих фильтров при помощи **мембранного компрессора** (рисунок 8.2).



1 - мембрана; 2 - шток.

Рисунок 8.2 – Мембранный компрессор

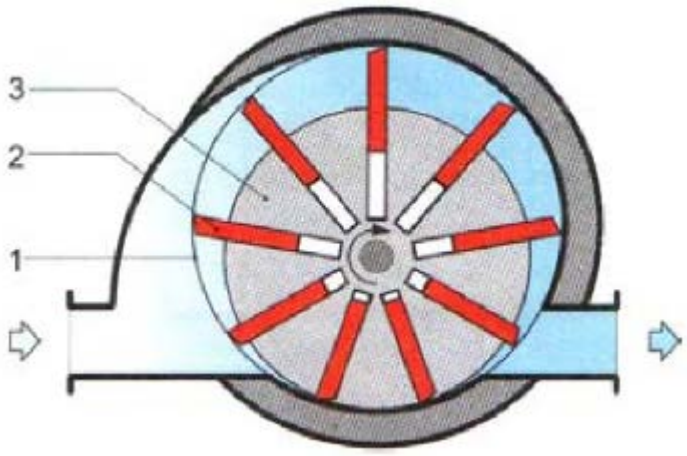
В мембранном компрессоре процесс получения сжатого воздуха происходит в принципе так же, как и в поршневом, с той лишь разницей, что в нем подвижный поршень заменен жесткозакрепленной гибкой мембраной 1.

Замкнутый объем изменяется за счет деформации мембраны при возвратнопоступательном движении штока 2.

Давление воздуха в мембранных компрессорах ограничено прочностными характеристиками мембраны и не превышает 0,3 МПа.

Основной недостаток мембранных компрессоров - необходимость периодической смены мембраны по причине выхода ее из строя.

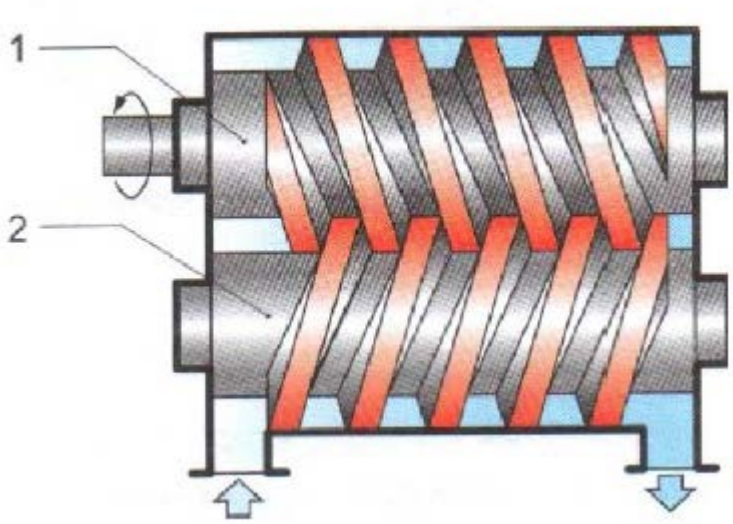
Ротационные компрессоры, как и поршневые, работают с принудительным выталкиванием сжатого воздуха, однако в их конструкции отсутствуют клапаны и кривошипно-шатунный механизм. На рисунке 8.3 изображен ротационный пластинчатый компрессор.



1 - цилиндрический статор; 2 - подвижные пластины; 3 - ротор.
Рисунок 8.3 – Пластинчатый компрессор

В машинах такого типа вследствие эксцентричного расположения ротора 3 в цилиндрическом статоре 1 между ними образуется серповидная полость. В радиальных пазах ротора 3 размещены подвижные пластины 2, которые под действием центробежной силы при вращении ротора выдвигаются из пазов и плотно прижимаются к внутренней цилиндрической поверхности статора 1 (часто применяют еще и дополнительный принудительный поджим пластин при помощи пружин либо путем подведения к торцам пластин сжатого воздуха от линии нагнетания). Вращающиеся пластины делят пространство между ротором и статором на рабочие камеры, объем которых меняется по мере вращения ротора.

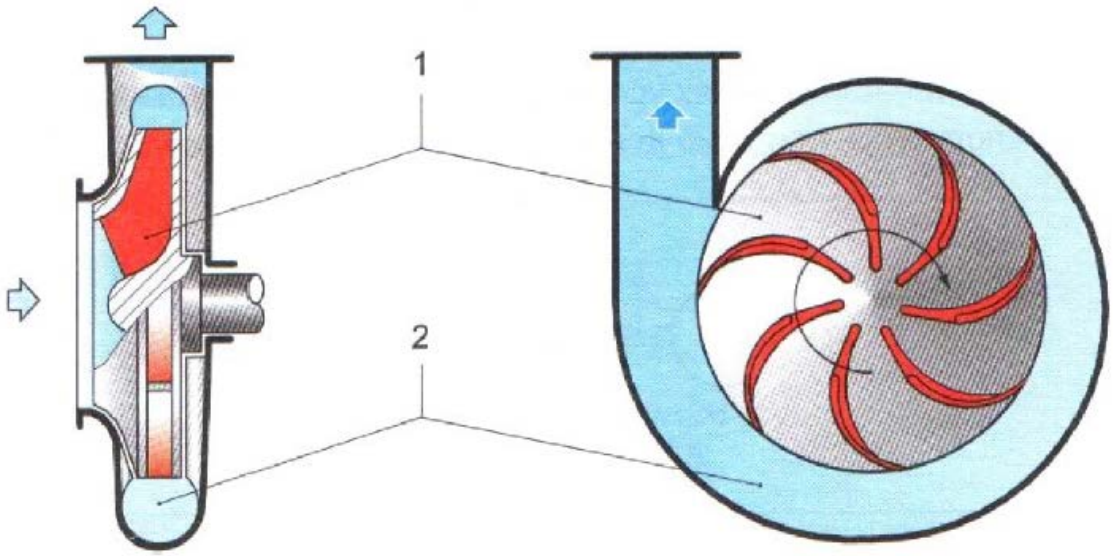
Основные элементы конструкции винтового компрессора - два находящихся в зацеплении винта (рисунок 8.4): ведущий 1 и ведомый 2. При вращении винтов их винтовые линии, взаимно замыкаясь, отсекают некоторый объем воздуха в камере всасывания, перемещают его вдоль оси винтов и в конечном итоге вытесняют в камеру нагнетания. Воздух через компрессор двигается поступательно и плавно, без завихрения, как гайка по резьбе при вращении винта.



1 - ведущий винт; 2 - ведомый винт
Рисунок 8.4 – винтовой компрессор

8.1.1 ДИНАМИЧЕСКИЕ КОМПРЕССОРЫ

В центробежных компрессорах (турбокомпрессорах) основным элементом конструкции служит расположенное в спиральном отводе 2 рабочее колесо 1, представляющее собой диск со специально спрофилированными лопатками (рисунок 8.5).

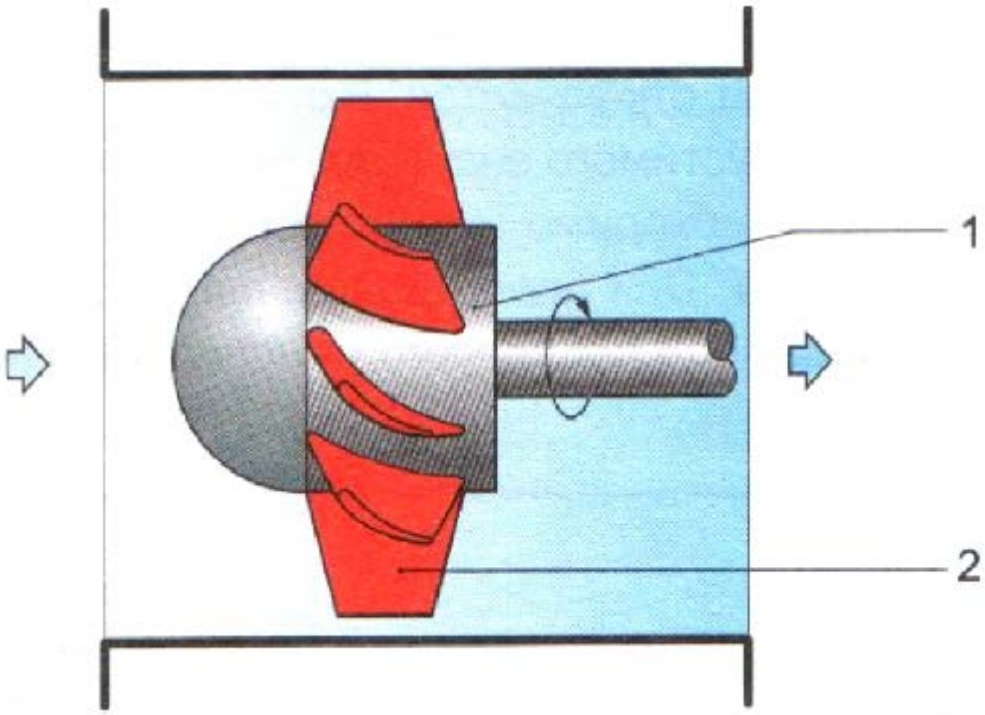


1 - рабочее колесо; 2 - спиральный отвод
Рисунок 8.5 – Центробежный компрессор

Всасываемый воздух поступает в осевом направлении к центру колеса. При вращении ротора лопатки раскручивают воздух и одновременно вовлекают его в относительное движение по образованным ими каналам. Под действием

центробежной силы воздух движется от центра к периферии. Таким образом, потоку воздуха сообщается кинетическая энергия, которая при протекании его по специально спрофилированным направляющим и отводящим устройствам преобразуется в энергию давления

Основное преимущество компрессоров этого типа - большая производительность (до 400 тыс. м7ч). Это же преимущество характерно и для осевых компрессоров (рисунок 8.6).



1 - вращающийся ротор; 2 - рабочие лопатки
Рисунок 8.6 – Осевой компрессор

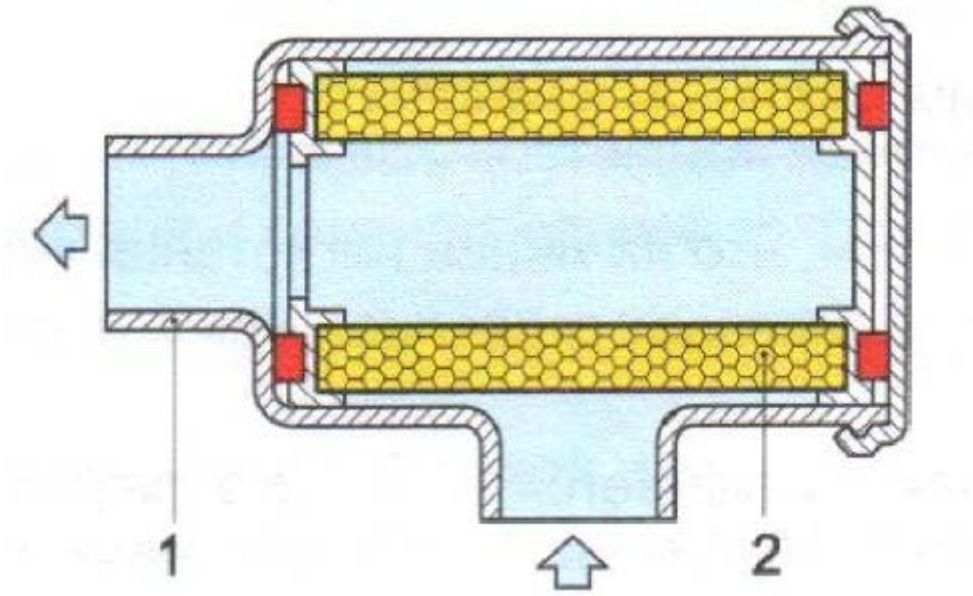
Поток воздуха в них имеет осевое направление. Основной конструктивный элемент - вращающийся ротор 1, на поверхности которого укреплены рабочие лопатки 2. Осевые компрессоры развивают давление воздуха до 0,4 МПа, а их производительность достигает значений более 50 тыс. $м^3$/ч.

8.2 УСТРОЙСТВО ОЧИСТКИ И ОСУШКИ СЖАТОГО ВОЗДУХА

Для обеспечения надежности и безотказной работы пневматических систем в целом и каждого из их элементов в отдельности необходим очищенный воздух. Загрязнители типа пыли, окалины, ржавчины, а также такие жидкостные составляющие, как конденсат и компрессорные масла, резко снижают показатели безотказности элементов пневматических систем, приводят к нарушению технологических процессов. Вследствие загрязнения сжатого воздуха износ конструкций увеличивается в 2 - 7 раз, а число их выходов из строя по этой же причине составляет до 80% общего числа отказов.

Твердые загрязнители. Для очистки воздуха от механических включений применяют фильтры. Как правило, приемный фильтр имеет корпус 1, в

котором располагается собственно фильтрующий элемент 2, выполненный в виде сменного стакана (рисунок 8.7)



1 - корпус; 2 - фильтрующий элемент
Рисунок 8.7 – Фильтрующий элемент

В качестве материалов для фильтрующих элементов применяют бумагу, фетр, поролон, целлюлозную вату, пористую керамику, металлокерамику, металлические сетки и др.

Размеры частиц, задерживаемых фильтром, зависят от геометрических размеров ячеек фильтрующего материала и колеблются в зависимости от предъявляемых к сжатому воздуху требований: максимальный размер составляет 80 мкм и более, минимальный - 0,5 мкм.

8.3 УСТРОЙСТВА ОСУШКИ СЖАТОГО ВОЗДУХА.

В зависимости от требований к степени осушки воздуха для конкретных потребителей применяют различные устройства осушки (рисунок 8.8):

а) рефрижераторные;

б) абсорбционные;

г) адсорбционные.

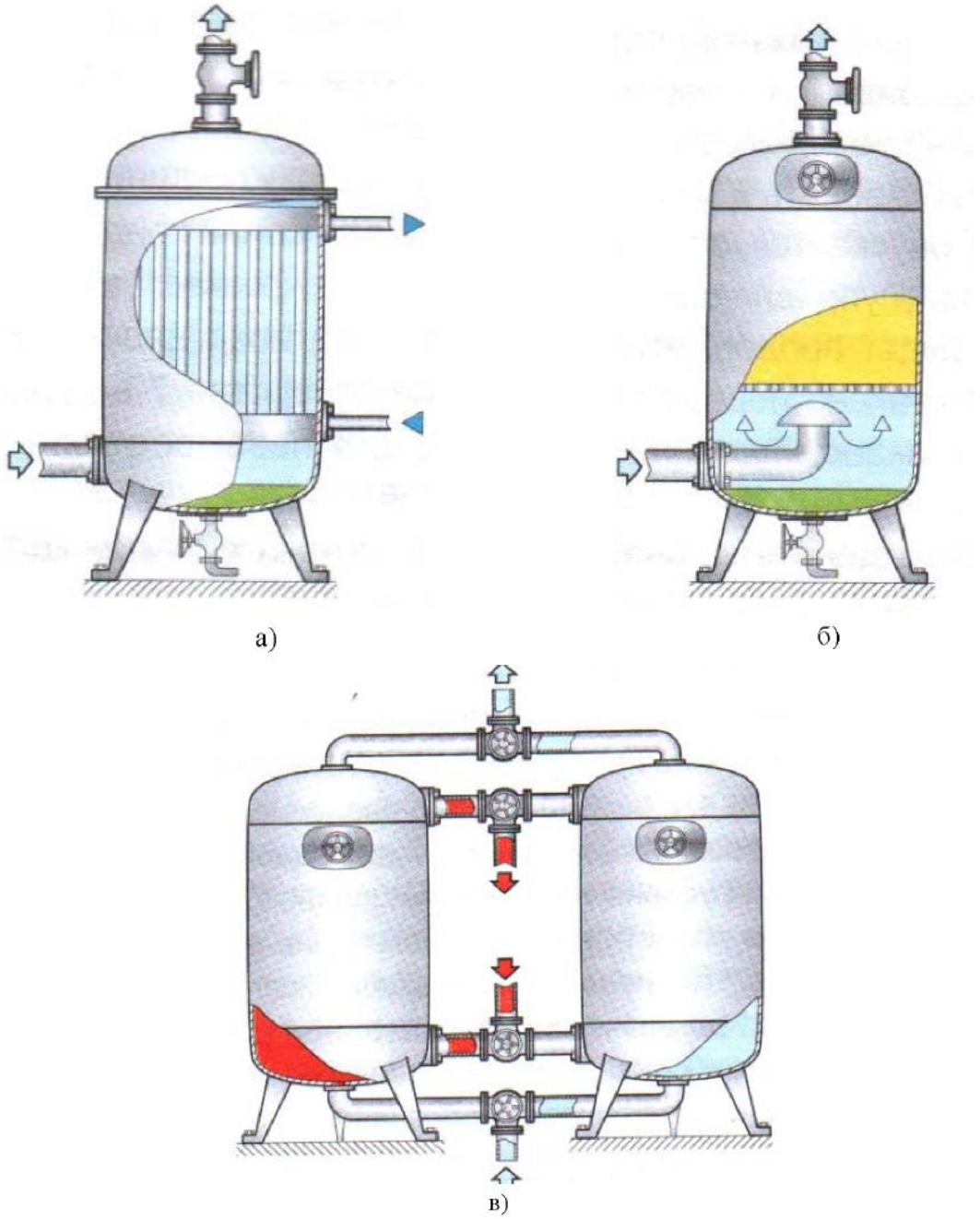
Получить сжатый воздух с точкой росы 2-7° С позволяют рефрижераторные установки (рисунок 8.8а). Воздух пропускают через резервуар с охлаждающим радиатором, по которому циркулирует хладагент (фреон, аммиак и т.д.). Осушка воздуха осуществляется посредством принудительной конденсации на радиаторе. Конденсат, собираемый в нижней части установки, должен периодически удаляться из нее путем присоединения к дренажной системе.

В абсорбционных осушителях (рисунок 8.8б) воздух поступает снизу в резервуар, заполненный специальным абсорбирующим (поглощающим,

химически связывающим влагу) веществом - флюсом, и выходит из верхней части резервуара.

Соединение флюса и воды в желеобразном состоянии стекает в нижнюю часть установки и регулярно должно удаляться из нее. Со временем флюс расходуется и его приходиться заменять новым.

Это приводит к неудобствам в обслуживании и является недостатком подобного технического решения. Тем не менее способ абсорбционной осушки характеризуется простотой установки, небольшим механическим износом, отсутствием расхода внешней энергии. После абсорбционной осушки точки росы сжатого воздуха понижаются до - 10° С.



а) рефрижераторные установки; б) абсорбционный осушитель;
в) адсорбционные осушители

Рисунок 8.8 - Устройства осушки сжатого воздуха

При необходимости более глубокой осушки сжатого воздуха применяют адсорбционные осушители (рисунок 8.8в), позволяющие снизить точку росы до - 70° С. В качестве осушающих веществ в них используют адсорбенты - вещества, осаждающие влагу на своей поверхности (активированный уголь, активный оксид алюминия - алюмогель, силикагель и т.д.). Адсорбенты способны восстанавливать свои влагопоглощающие свойства после регенерации, заключающейся в их принудительной осушке, например с помощью теплого воздуха. В состав установки входят два параллельно установленных адсорбера. Система кранов на трубопроводах позволяет подключать установку таким образом, что в то время, когда один адсорбер работает в режиме осушки воздуха, другой находится в режиме регенерации.

8.4 РЕСИВЕРЫ

Выравнивание колебаний в сети расходовании сжатого воздуха и создание резервного запаса воздуха осуществляются путем использования специальных емкостей - ресиверов. Объем ресивера выбирают в зависимости от режима работы компрессорной установки, и величина его должна составлять не менее половины объема воздуха, всасываемого компрессором в течение одной минуты.

Отбор сжатого воздуха из ресивера в систему осуществляется из верхней его части, т.к. в нижней со временем скапливается конденсат. Для отвода применяют устройства автоматического или ручного слива. Ресиверы больших объемов снабжают люками для периодической очистки внутренних поверхностей от загрязнений.

Аккумулирование энергии сжатого воздуха в ресивере позволяет периодически отключать компрессор от пневмосети (переводить в режим разгрузки), либо вообще временно его выключать. Обычно это делается автоматически, когда давление в ресивере достигает значения, на которое настроен установленный на нем электрический датчик давления.

8.5 БЛОКИ ПОДЕОТОВКИ ВОЗДУХА

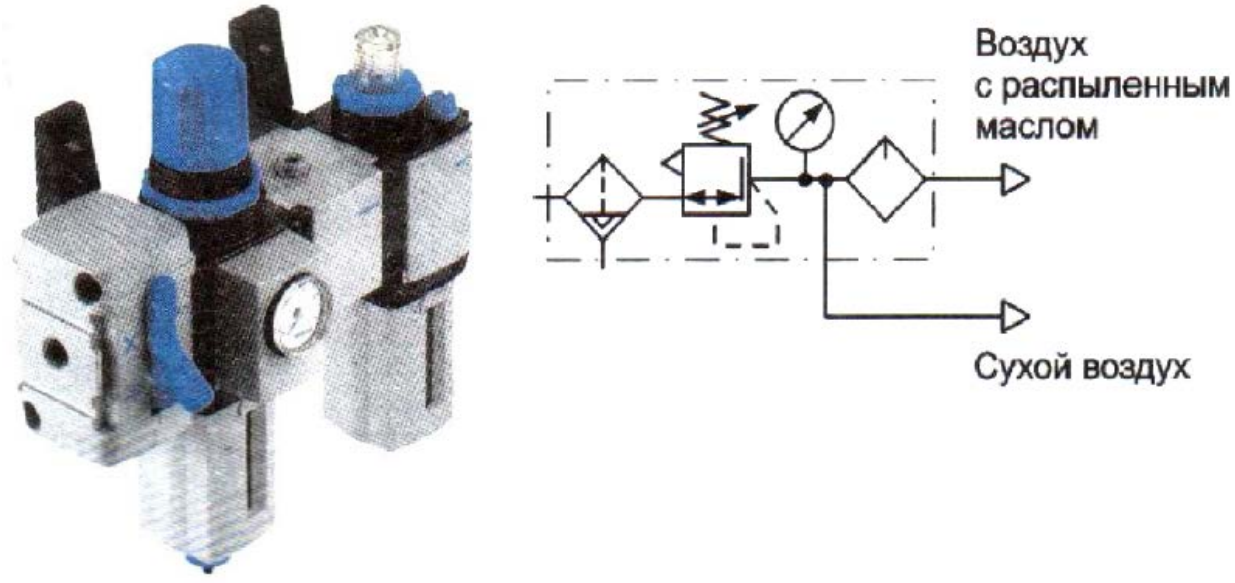
Для обеспечения стабильного уровня давления и окончательной подготовки сжатого воздуха непосредственно у потребителя устанавливают блоки подготовки сжатого воздуха.

Блок подготовки сжатого воздуха (рисунок 8.9) - это совокупность устройств кондиционирования воздуха, которые должны располагаться на каждой автономной машине или на каждом механизме в составе сложного технологического оборудования, потребляющего сжатый воздух. В зависимости от конструктивного исполнения пневмоэлементов, входящих в конкретный пневмопривод, состав и количество устройств, составляющих блок подготовки воздуха, может быть различным. Но в любую конструкцию входят базовые элементы:

1) фильтр - влагоотделитель (возможно с автоматическим отводом конденсата);

2) редукционный клапан;

3) маслораспылитель.



а) б)

а- общий вид; б - обозначение на пневмосхемах

Рисунок 8.9 - Блок подготовки воздуха с модулем отвода

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Шахматов Е. В. Пневмопривод и средства автоматики: учеб. пособие / Н.Д. Быстров, А.А. Пголкин, В.Н. Плюхни, С.А. Петренко, Е.В.Шахматов - Самара: Изд-во Самар, гос. аэрокосм, ун-та, 2006. - 112 с. : ил.

2. Беляев Н.М., Уваров Е.И., Степанчук Ю.М. Пневмогидравли- ческие системы. Расчет и проектирование: Учеб. пособие для технических вузов. - М.: Высшая школа, 1988. - 271с.