

Лабораторная работа №7

Пневматические объемные компрессоры

Цель работы: Изучить классификацию пневматических компрессоров, устройство и принцип действия компрессоров различных конструкций, получить практические навыки по разборке и сборке их основных узлов.

7.1 Общие сведения и классификация

Компрессорами называются механические устройства, предназначенные для сжатия и перемещения различных газообразных веществ, среди которых особое место занимает атмосферный воздух. Компрессоры, которые сжимают рабочее тело, по составу существенно отличающееся от воздуха, называют *газовыми*.

В системах автоматизации производственных процессов применяют, наряду с гидравлическими, пневматические приводы и механизмы, основанные на использовании в качестве рабочей среды сжатого или разреженного воздуха. Применение пневмоприводов имеет особые преимущества в тех случаях, когда требуется осуществить быстрые перемещения нагрузки, а также когда применение гидравлических приводов с минеральной рабочей средой недопустимо по требованиям пожарной безопасности.

Общая классификация компрессоров представлена на рисунке 7.1.

По принципу действия компрессоры делятся на: компрессоры объемного и динамического действия. В первых сжатие рабочего тела происходит за счет изменения его объема, во вторых – путем преобразования кинетической энергии движущегося потока в потенциальную энергию давления.

Компрессоры делятся на смазываемые и компрессоры без смазки. Иногда последние называют «сухими» компрессорами. Несмазываемые компрессоры находят все более широкое применение т.к. в технологических процессах используется чистый, без масляных аэрозолей, газ.

По назначению компрессоры классифицируются по отраслям производства, для которых они предназначены: химическое, энергетические, общего назначения и т.д..

По роду сжимаемого газа: кислородные, азотные, воздушные, хлорные, гелиевые и т.д..

По назначению: пускового воздуха, тормозные и т.д.

По величине конечного давления компрессоры различают:

- вакуум-компрессоры – компрессоры, предназначенные для удаления газа из полостей с конечным давлением, ниже атмосферного;
- компрессоры низкого давления, предназначенные для нагнетания газа под давлением от 0,15 до 1,2 МПа;
- компрессоры среднего давления – от 1,2 до 10 МПа;

- компрессоры высокого давления – от 10 до 100 МПа;
- компрессоры сверхвысокого давления – свыше 100 МПа.

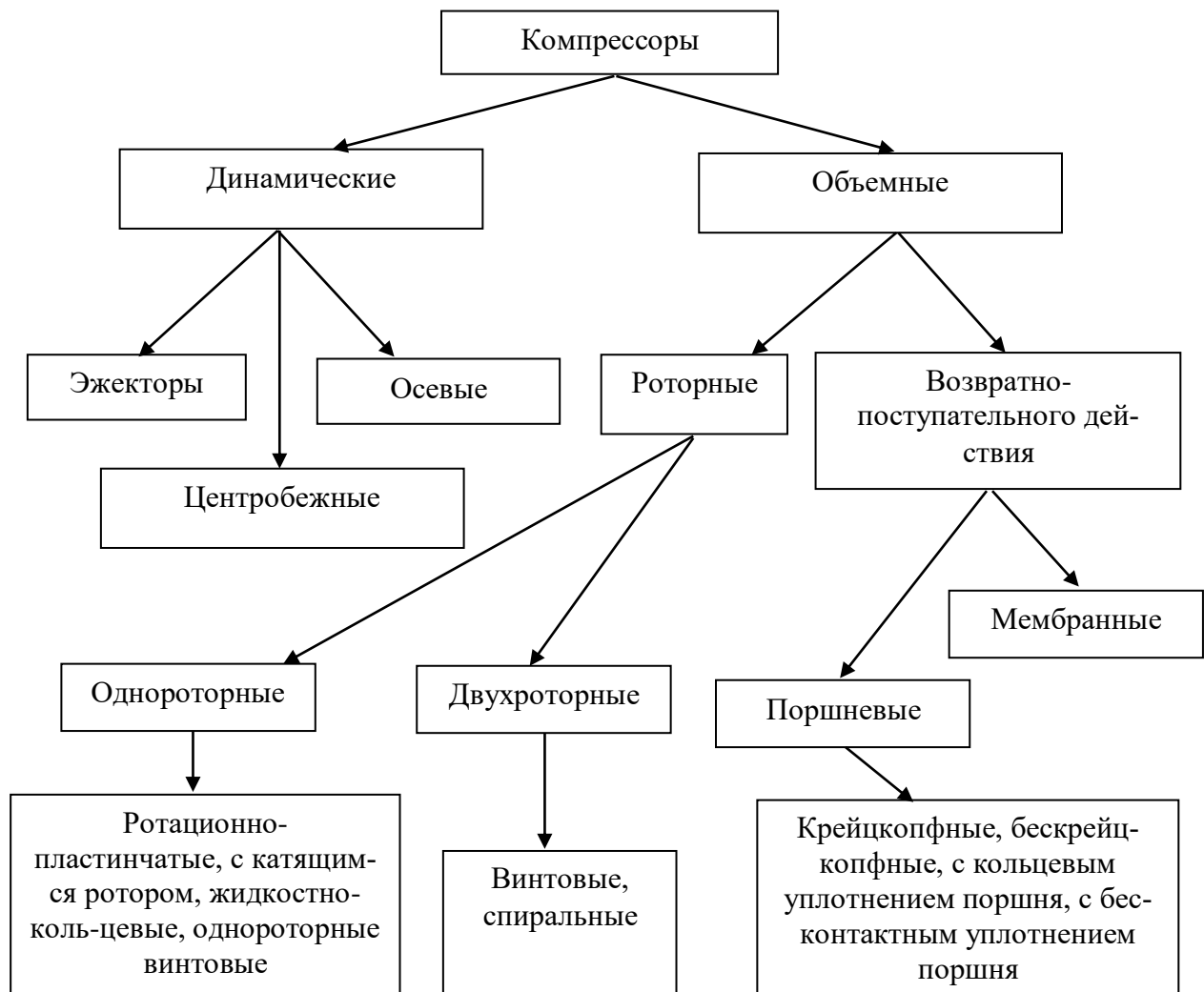


Рисунок 7.1 – Классификация компрессоров

Компрессоры называют дожимающими, если давление всасывания газа существенно превышает величину атмосферного давления.

По способу отвода теплоты сжатия компрессоры делятся на машины с водяным, воздушным охлаждением и компрессоры с внутренним отводом теплоты за счет впрыска охлаждающей жидкости. Эта жидкость, как правило, обладает и смазывающими свойствами.

По типу приводного двигателя компрессоры делятся на машины с электроприводом, с приводом от ДВС, паровой или газовой турбины, и с пневмоприводом. Последнее, обычно, при работе во взрывоопасных условиях для мультипликации давления газа.

7.2 Основные внешние показатели компрессора

К основным показателям компрессоров относятся:

1) Объемная производительность – Q , ($\text{м}^3/\text{мин}$, $\text{м}^3/\text{ч}$, $\text{м}^3/\text{с}$ или в л/с). Производительность обычно измеряется при приведении рабочего тела к нормальным условиям, то есть при атмосферных давлении и температуре.

2) Конечное давление и давление всасывания, соответственно p_B и p_H . Измеряется в барах или МПа и степень повышения давления

$$\varepsilon = p_H / p_B.$$

3) Мощность привода (Вт, кВт). Часто используется удельная характеристика – кВт/(м³/мин).

4) Коэффициент подачи (для компрессоров объемного действия) - λ_v - отношение объемной производительности к величине объема, описанного рабочим органом.

5) Удельная материалоемкость $M_{уд}$ – отношение массы компрессора к его производительности.

Каждый тип компрессора наиболее выгодно использовать при вполне определенных условиях. Обычно под этими условиями подразумевают сочетание величин давления и производительности. На основании опыта применения компрессорных машин существуют рекомендации, которые, обычно, изображают в виде диаграммы (рисунок 7.2).

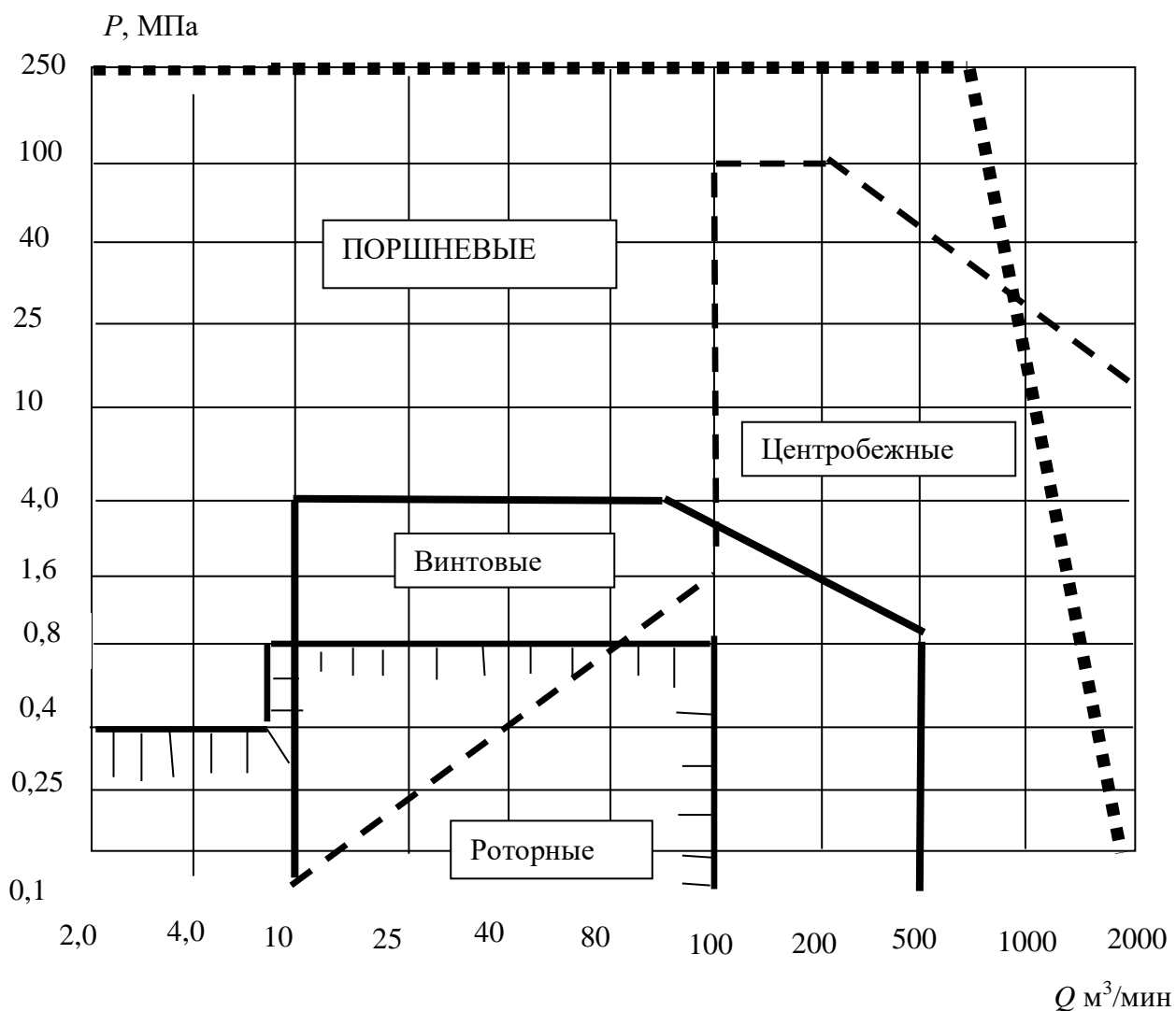


Рисунок 7.2 – Области применения компрессоров

7.3 Конструктивные разновидности пневматических объемных компрессоров

7.3.1 Поршневые компрессоры

Поршневые компрессоры изготавливаются преимущественно с неподвижными цилиндрами и, реже, - с вращающимися цилиндрами, выполненными в виде многоцилиндрового звездообразного блока. Последние компрессоры называют роторными.

Кроме того, различают одноступенчатые и многоступенчатые компрессоры с рядным (рисунок 7.3) и соосным расположением цилиндров, а также иные типы компрессоров с осями цилиндров, расположенными под углом. Поршневые компрессоры применяют для работы до 100 МПа и выше.

В передвижных компрессорных станциях распространены рядные вертикальные компрессоры. При числе z цилиндров больше двух компрессоры этого типа, при смещении фаз на угол $2\pi/z$ динамически уравниваются и допускают относительно высокие частоты вращения, что позволяет выполнять непосредственное соединение компрессора с приводным электродвигателем.

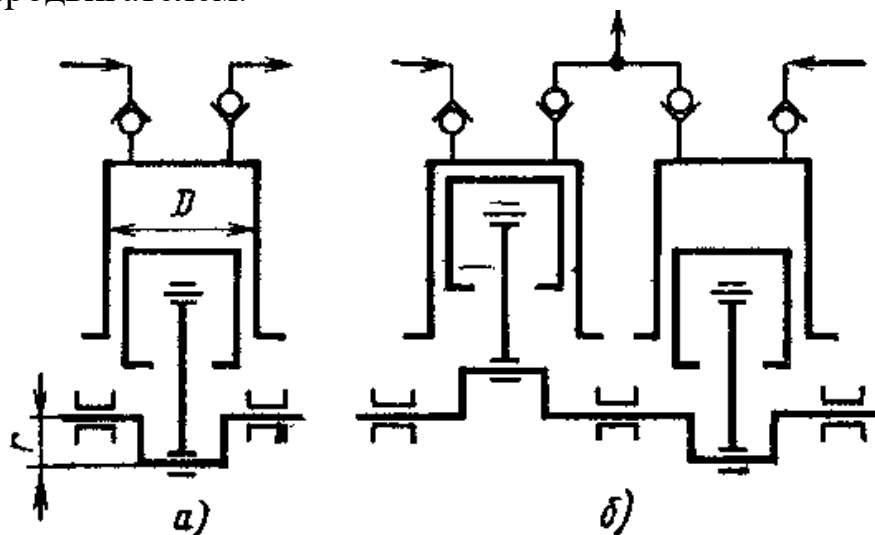


Рисунок 7.3 Схемы одноступенчатого (а) и двухступенчатого (б) компрессоров с рядным расположением цилиндров

На рисунке 7.3 приведены принципиальные схемы компрессоров одноступенчатого сжатия с одним (рисунок 7.3, а) и двумя цилиндрами (рисунок 7.3, б), расположенными в ряд, с приводом поршней от общего коленчатого вала. Число цилиндров при рядном расположении доводится до 4 и более; коленчатый вал выполняется со смещением фаз рабочего процесса на $2\pi/z$, где z - число цилиндров.

На рисунке 7.4 показан продольный разрез одноступенчатого поршневого компрессора. Привод компрессора осуществляется от электродвигателя с наибольшим числом оборотов, который вращает коленчатый вал 3. С помощью шатуна 4 вращательное движение преобразуется в возврат-

но-поступательное движение ползуна 5, который движется в направляющих 6 и соединен с поршнем штока 7. Место прохода штока в левую полость цилиндра уплотняется сальником 8. Здесь обе полости цилиндра рабочие, поэтому компрессор называется компрессором двойного действия в отличие от компрессоров простого действия, у которых только одна полость рабочая.

Для компрессора двойного действия производительность должна быть удвоена.

Между поршнем и цилиндром должен быть зазор для компенсации расширения поршня при его нагревании. Для уменьшения утечек газа через этот зазор поршень снабжается поршневыми кольцами 10.

Поршневые компрессоры получили преимущественное распространение. Только там, где возникает необходимость в больших расходах воздуха при невысоких давлениях, используют лопаточные компрессоры.

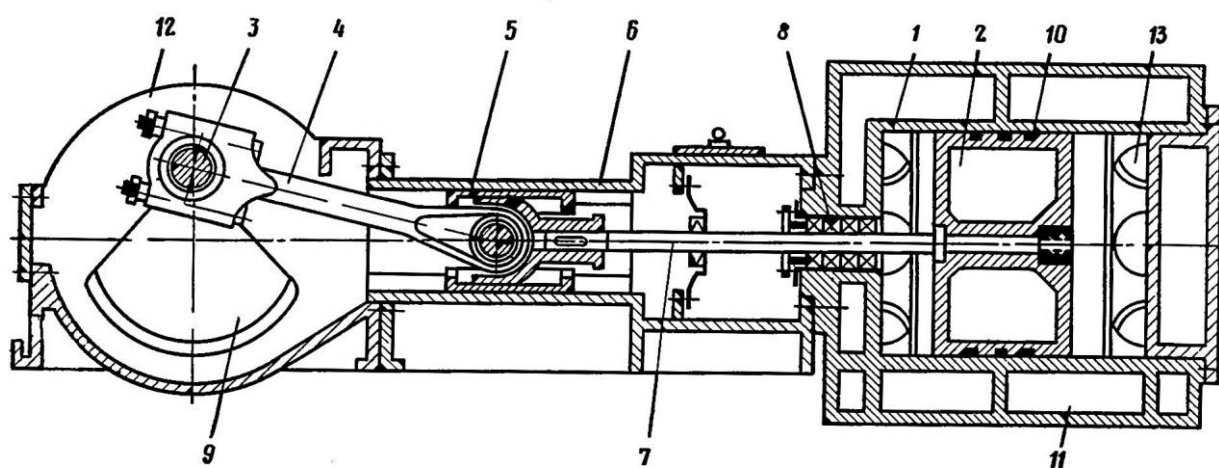


Рисунок 7.4 - Продольный разрез одноступенчатого поршневого компрессора.

1 – цилиндр; 2 – поршень; 3 – коленчатый вал; 4 – шатун; 5 – ползун; 6 – направляющие; 7 – шток; 8 – сальник; 9 – противовес; 10 – поршневые кольца; 11 – водяная рубашка; 12 – кожух; 13 – клапан.

С целью предохранения компрессора от перегрева на входе в каждую последующую ступень сжатый воздух, подаваемый предыдущей ступенью, подвергается охлаждению с помощью тех или иных охлаждающих устройств. Число ступеней доводится до $z = 5 \div 6$ и степень сжатия до 120 и более.

7.3.2 Роторные пластинчатые компрессоры

Второе место по распространенности после поршневых занимают пластинчатые компрессоры. Принцип действия и конструктивные элементы пластинчатых компрессоров те же, что и пластинчатых насосов гидросистем.

Компрессор состоит из неподвижного корпуса 1 (рисунок 7.5), в точке которого эксцентрично помещен пластинчатый ротор 3, несущий в радиальных пазах свободно посаженные пластины 2, которые прижима-

ются при вращении ротора центробежной силой к внутренней поверхности статора. Образованное в результате указанной эксцентricности серповидное пространство в зоне нагнетания (отмечено точечной штриховкой) делится пластинами на ряд изолированных камер, образованных двумя смежными пластинами и поверхностями ротора и статора с боковыми крышками. Объемы камер при вращении ротора в направлении стрелки уменьшаются, в результате чего давление в них повышается. При соответствующем числе пластин и конструкции компрессора представляется возможным повысить давление в камере, подходящей к полости нагнетания 5 до величины, близкой к давлению в этой полости, и тем самым устранить скачок давления в данной камере при соединении ее с полостью нагнетания.

Число пластин выбирается в зависимости от назначения и подачи компрессора от 4 до 20 и более. Одноступенчатые компрессоры рассчитывают для работы на давление 0,4-0,5 МПа, двухступенчатые - на давление 0,8 МПа. Привод компрессора осуществляется обычно от электродвигателя с частотой вращения 750-1500 об/мин.

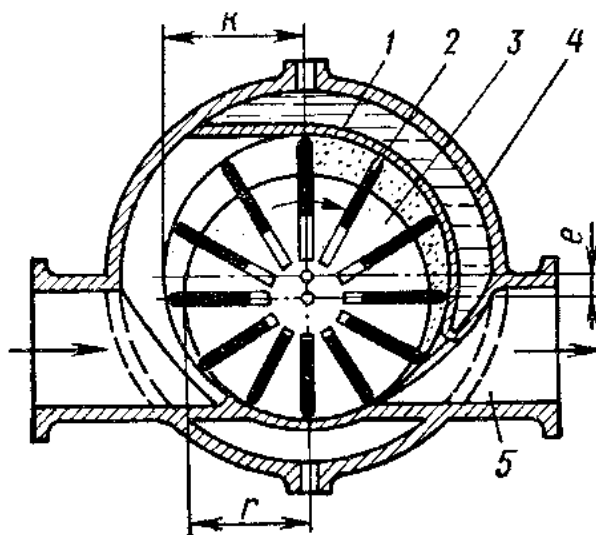


Рисунок 7.5 - Схема роторного пластинчатого компрессора

В этих компрессорах предусматривается водяное охлаждение корпуса, достигаемое циркуляцией воды в каналах водяной рубашки 4. Расход охлаждающей воды на 1 м³ воздуха при нагреве воды на 15°C составляет: для одноступенчатых машин 1,5-2 кг и двухступенчатых-3 кг.

Преимуществом этих компрессоров является отсутствие клапанов, а также малые габариты и масса машины.

7.3.3 Винтовые компрессоры

Винтовые компрессоры - двухроторные (реже трёхроторные) машины, выполненные в виде винтовой зубчатой передачи с большим углом подъёма (рисунок 7.5). Торцы винтов повернуты относительно друг друга.

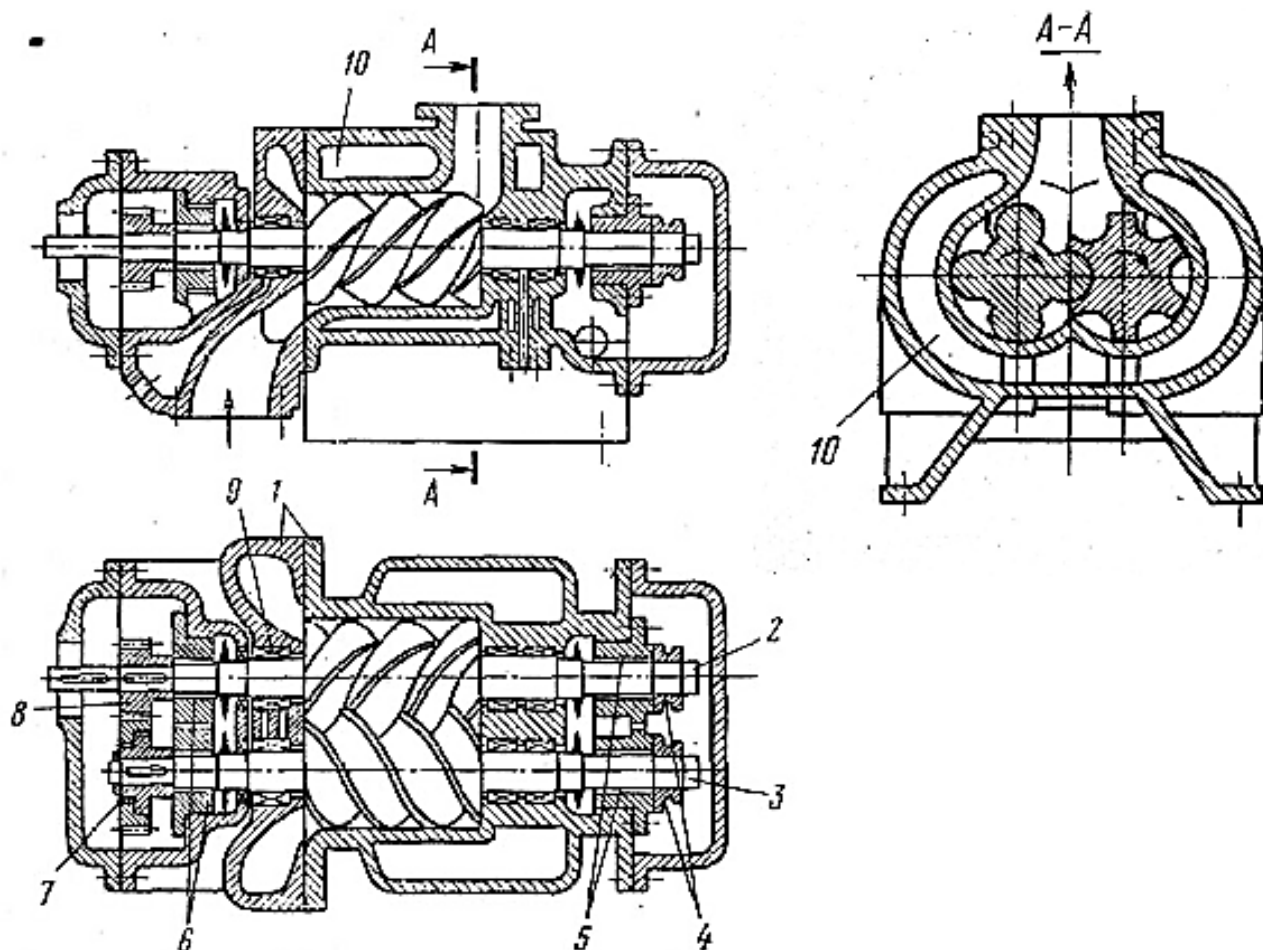


Рисунок 7.6 - Винтовой компрессор с охлаждаемым корпусом: 1 – корпус, 2 – ведущий ротор, 3 – ведомый ротор, 4 – упорные подшипники, 5, 6 – опорные подшипники, 7, 8 – шестерни связи, 9 – уплотнения, 10 – полости для охлаждения

Условие зацепления винтов.

Между соседними зубьями каждого винта образуются полости, ограниченные в радиальном направлении цилиндрическими, а по длине – торцовыми поверхностями расточек в корпусе. При зацеплении винтов каждая полость в различной степени (в зависимости от углового положения) заполняется зубьями соседнего ротора, причём линия контакта зубьев разделяет полость на две части. Одна из них (нижняя) сообщается с областью всасывания через окно, расположенное внизу переднего торца, а вторая (верхняя) может сообщаться с нагнетательным окном, которое расположено на задней торцовой плоскости, а также на цилиндрических поверхностях расточек корпуса под винты.

7.3.4 Мембранные компрессоры

Мембранные компрессоры по своему устройству и принципу действия относятся к группе поршневых. Применяются мембранные компрессоры двух типов: с приводом гибкой мембраны непосредственно от кривошипно-шатунного механизма и с гидроприводом.

На рисунке 7.7 показан компрессор с приводом мембраны непосредственно от кривошипно-шатунного механизма. Привод мембранных ком-

прессоров с невысокой скоростью вращения вала осуществляется через клиноременную передачу от электродвигателя, поэтому на одном конце коленчатого вала 1 закрепляют шкив 7. На валу с эксцентриситетом посажен шариковый подшипник 6, внешнее кольцо которого укреплено в шатуне 8. Шатун сообщает периодическое движение вверх и вниз грибку 5 с мембраной 2. Когда грибок опускается вниз, над мембраной создается разрежение и воздух через войлочный фильтр и открывающийся всасывающий клапан 4 попадает в рабочую камеру. При ходе грибка вверх воздух сжимается и через нагнетательный клапан попадает в корпус 3 компрессора и далее в воздухохоборник.

Такие компрессоры используют для сжатия газа в небольших объемах до невысоких давлений (0,3 МПа).

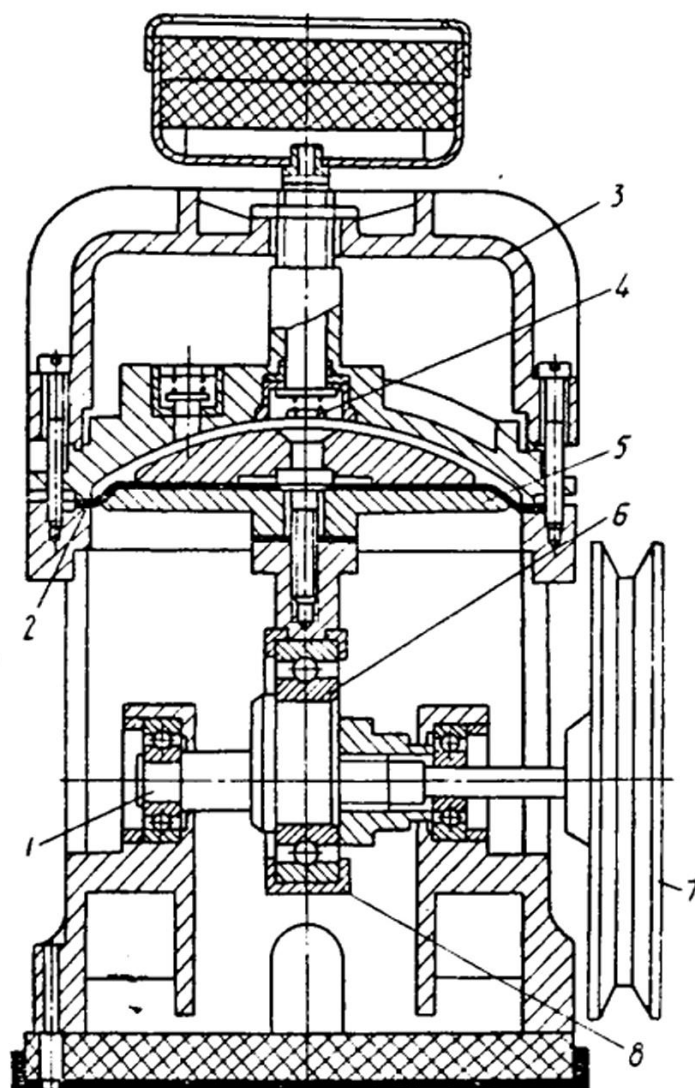


Рисунок 7.7 - Мембранный компрессор

Мембраны изготавливают из материалов, допускающих большое число циклов нагружения при относительно больших прогибах, например из прорезиненной ткани или просто резины. В мембранных компрессорах с гидроприводом прогиб металлической мембраны вызывается возвратно-поступательным перемещением столба жидкости, на который воздействует через кривошипно-шатунный механизм поршень цилиндра гидропри-

вода. Поскольку площадь поверхности мембраны и масса металлического блока относительно велики, происходит интенсивное охлаждение сжимаемого газа. При малом относительном объеме мертвого пространства камер это позволяет достигать высокой степени сжатия в каждой ступени. Например, для достижения давления газа в 100 МПа достаточно всего трех ступеней сжатия.

Металлические мембраны работают в пределах упругих деформаций, их долговечность относительно невелика (500... 1500 ч), что является недостатком рассматриваемых компрессоров.

Мембранные компрессоры используют в тех случаях, когда предъявляются особо жесткие требования к чистоте сжимаемого газа (не допускается присутствие паров смазочного масла, воды, пыли и т. д.). Кроме того, полная герметичность полости сжатия позволяет применять мембранные компрессоры для сжатия таких газов, как кислород, закись азота, фтор, хлор и др.