					Контрольная работа №		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата			
Разраб.		Иванов	ь			Лит.	Лист	Листов
Провер.		Петров						
Реценз							
Н. Контр.							
Утверд.							

ВВЕДЕНИЕ

Поршневой компрессор - это энергетическая машина для сжатия и подачи воздуха или жидкостей (масла, хладагента и другие) под давлением. Компрессоры возвратно-поступательного действия считаются самым давним и распространенным типом. Эффект компрессии создается за счет уменьшения объема газа при движении поршня в цилиндре. Компрессоры данного типа широко применяются в машиностроении, текстильном производстве, в химической, холодильной промышленности и криогенной технике. Многообразны по конструктивному выполнению, схемам и компоновкам.

Простота конструкции поршневых компрессоров способствовала их популяризации и распространению. Сегодня компрессоры поршневые нашли широчайшее применение в разных сферах человеческой деятельности, начиная от аэрации аквариумов и заканчивая промышленным машиностроением. Гениальное, по своей простоте, изобретение обладает массой достоинств и высокой функциональностью. Например, подача воздуха или газа под давлением более чем в 20 атмосфер – задача, с которой не могли справиться даже более сложные приспособления. Поршневые компрессоры наиболее распространены и многообразны по конструктивному выполнению, схемам и компоновкам.

Судовые воздушные компрессоры необходимы для обеспечения потребителей судовой энергетической установки и судна в целом сжатым воздухом разного давления и расхода.

На судне потребителями сжатого воздуха являются:

-главный двигатель и дизель генераторы (пусковой воздух);

- дистанционного автоматизированного управлении главного двигателя;

-система автоматического управления и контроля;

-масляные фильтры главного двигателя (продувание);

-продувание кингстонов;

ь

-отключение топливного насоса высокого давления на ходу;

- выпускные клапаны главного двигателя;

- хозяйственных нужды и другое...

По назначению компрессоры делят на пять групп:

1. главные;

2. вспомогательные;

3. аварийные;

4. рефрижераторные;

5. специальные.

Главные компрессоры применяют для пуска двигателей внутреннего сгорания и распыление топлива в них во время работы. Давление воздуха таких компрессоров составляет десятки технических атмосфер.

Вспомогательные применяют для снабжения сжатым воздухом систем пневмоавтоматики, пневмоинструментов, продувки электрических машин и других механизмов.

Аварийные компрессоры применяют в случае выхода из строя основных компрессоров.

Рефрижераторные компрессоры применяют в холодильных установках для сжатия парогазовой смеси хладагента и перевода этой смеси в жидкое состояние.

По принципу действия компрессоры делят на три группы:

1. центробежные;

2. осевые;

3. поршневые;

Компрессоры поршневого типа позволяют осуществлять сжатие газов до больших давлений.

Классификация поршневых компрессорных машин.

ь

Современные вспомогательные компрессоры ДВС имеют различные конструктивные схемы, различное число ступеней, разное число цилиндров и ряд прочих отличий, которые можно уложить в следующую классификационную схему.

По назначению компрессоры делят на пусковые и универсальные (для развитых энергетических установок).

Пусковые наполняют воздушные баллоны для запуска дизелей.

Универсальные используют для обеспечения работы пневматических приводов, пневмоинструмента, для продувки цистерн и так далее.

По числу ступеней сжатия – одно и многоступенчатые (от одной до четырёх ступеней).

По числу цилиндров – одно и многоцилиндровые.

По способу действия каждой ступени – простого и двойного действия.

По виду поршней – с дифференциальными или с простыми поршнями.

По виду кинематической схемы привода – рядные вертикальные, оппозитные, V-образные, W-образные и т.п., практически соответствуют классификации главного двигателя.

По виду охлаждения – воздушное или водяное.

По виду привода подразделяются на: электрокомпрессоры, бензокомпрессоры, дизелькомпрессоры, ручные компрессоры.

Компрессоры могут быть также автономными или навесными.

Автономный компрессор обслуживает потребности различных, не связанных с его приводом потребителей.

Навесной обеспечивает в основном потребности только того двигателя, который приводит его в действие.

По величине давления нагнетания – компрессоры низкого (до 2МПа), среднего (до 15МПа) и высокого давления (более 15МПа). Компрессоры низкого давления не могут быть пусковыми, но используются с ДВС в

качестве компрессоров тормозных систем и систем пневмоприводов и автоматики.

Компрессоры также делят на машины малой производительности (расход до 600м^3/час), средней (расход до 6000 м^3/час) и высокой (более 6000 м^3/час). По существующим традициям в технической документации объёмную производительность поршневых компрессоров указывают по параметрам воздуха на нагнетании. Компрессоры, обслуживающие двигателя внутреннего сгорания, обычно имеют малую производительность. Их расход составляет 7…300 м^3/час (по всасыванию для нормальных условий).

Все многоступенчатые компрессоры выполняют с принудительно охлаждаемыми цилиндрами и промежуточным охлаждением воздуха. Одноступенчатые компрессоры и аварийные компрессоры с ручным приводом могут не иметь принудительного охлаждения

Поршневые компрессоры могут быть:

крейцкопфные — с двухсторонним всасыванием

бескрейцкопфные — одностороннего всасывания (мощностью до 100 кВт).

По расположению цилиндров компрессоры подразделяются на:

вертикальные;

горизонтальные;

угловые.

К вертикальным относятся машины с цилиндрами, расположенными вертикально.

При горизонтальном расположении цилиндры могут быть размещены по одну сторону коленчатого вала, такие компрессоры называются горизонтальными с односторонним расположением цилиндров; либо по обе стороны вала — с горизонтальными или двухсторонним расположением цилиндров.

К угловым компрессорам относятся машины с цилиндрами, расположенными в одних рядах вертикально, в других — горизонтально. Такие компрессоры называются прямоугольными. К угловым компрессорам относятся машины с наклонными цилиндрами, установленными V-образно и W-образно.

Схематически принцип работы вертикального поршневого компрессора выполняется в 2 этапа:

1. Воздух или газ, находящийся в увеличивающейся полости цилиндра, постепенно расширяется во время движения поршня вдоль оси от крышки цилиндра. При этом внутри цилиндра давление воздуха уменьшается относительно внешних параметров, и это ведет к его порционному всасыванию через клапан.

2. Далее происходит сжатие или нагнетание воздуха (газа) во время движения поршня, которое производится в обратном направлении – в цилиндре давлении растет, пропорционально его сжатию, после чего через нагнетательный клапан сжатый воздух с силой выпускается.

Схема поршневого компрессора у большинства конструкций принципиально одинакова – это цилиндр, поршень, клапана (всасывающий и нагнетательный), кривошипно-шатунный механизм (крейцкопф, кривошип и шатун) и шток. Компрессоры также оцениваются по таким параметрам как сила поршня, амплитуда и мощность, частота вращения вала, объем перекачки воздуха и другим.

Схема работы поршневого компрессора связана с изменениями температуры газа (воздуха), возникновением вибраций, поэтому нуждаются в охлаждении и надежной опоре, что уже заложено в их конструкции. Однако при длительной работе и обслуживании поршневых компрессоров возникают поломки, снижение продуктивности и засорение.

Прогрессивным в развитии поршневых компрессоров явился переход на оппозитное исполнение компрессоров крупной и средней

ь

производительности. Оппозитные компрессоры, представляющие собой горизонтальные машины с встречным движением поршней и расположением цилиндров по обе стороны вала, отличаются высокой динамической уравновешенностью, меньшим габаритами и массой. Благодаря своим преимуществам оппозитные компрессоры практически полностью вытеснили традиционный тип крупного горизонтального компрессора.

Для машин малой и средней производительности основным является прямоугольный тип компрессора и компрессора с У-образным расположением цилиндров.

Поршневые компрессоры, принцип работы которых основан на нагнетании и перекачивании газов или воздуха под высоким давлением, способны менять параметры объёма газа. Все разновидности компрессоров функционируют на основе принципа движения поршня между клапанами по возвратно-поступательной схеме.

Устройство каждого типа данного приспособления продиктовано условиями применения, функциональностью и сферой их использования. Например, компрессоры угловые – наиболее распространённый тип компрессорных агрегатов, поскольку они имеют сравнительно малый вес и компактные габариты, их можно монтировать на небольших площадях.

У вертикального типа поршневых компрессоров схема та же, что и у горизонтальных, которые рассчитаны на более высокую нагрузку, но они имеют меньшие размеры и иную производительность.

По числу ступеней сжатия компрессоры различаются одно-, двух- и многоступенчатые.

Одноступенчатые компрессоры применяют для сжатия газов до небольших давлений (единицы атмосфер). В одноступенчатом поршневом компрессоре для сжатия газа используется только одно из двух движений поршня в цилиндре как рабочее. Если компрессор двойного действия – используются оба движения

Многоступенчатые компрессоры представляют собой последовательное соединение двух или трёх одноступенчатых компрессоров.

Такое соединение используется для повышения результирующего (на выходе) давления.

Многоступенчатое сжатие вызывается необходимостью ограничить температуру сжимаемого газа. В воздушных компрессорах возникает опасность воспламенения и взрыва масляного нагара, накапливающегося в трубопроводах, на крышках компрессоров и поверхностях клапанов, поэтому температура нагнетаемого воздуха не должна превышать 453Кельвинов.

Узлы и детали поршневых компрессоров

Картер и блок-картер. Это основные узлы компрессора, в которых расположен кривошипно-шатунный механизм. На них крепят цилиндры и все вспомогательные узлы компрессора. Эти узлы воспринимают силы, возникающие при сжатии паров холодильного агента, и передают на фундамент массу компрессора, крутящий момент, неуравновешенные силы и силы инерции движущихся масс.

Картер и цилиндры вертикальных и угловых компрессоров могут иметь вид отдельных узлов, причем цилиндры прикрепляют к картеру с помощью шпилек. При блок-картерном решении блок цилиндров и картер отливают вместе, цилиндровые втулки вставляют в гнезда отливки. Втулка цилиндра имеет два посадочных пояса (вверху и внизу). Диаметр нижнего пояса, как правило, меньше диаметра верхнего пояса, чтобы нижний конец втулки можно было свободно ввести через верхнее отверстие.

ь

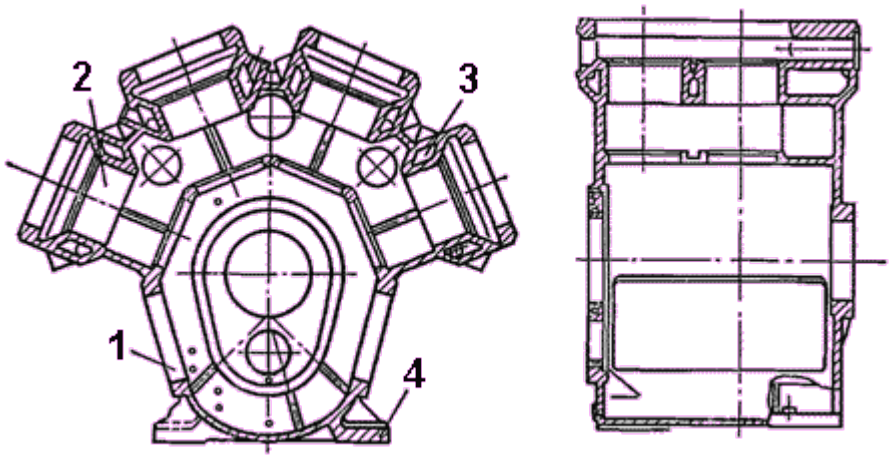


Рис. 1. Блок-картер бескрейцкопфного веерообразного компрессора.

Блок-картер бескрейцкопфного веерообразного компрессора: *1* - проем для разборки шатуна; *2* - гнездо для цилиндровой втулки; *3* - охлаждающая рубашка; *4* - крепежные лапы.

На рис. 1 показан блок-картер веерообразного компрессора. Для осмотра механизма движения и доступа к нижним головкам шатуна на картере предусмотрены боковые проемы, закрываемые крышками. Передний проем (на рис. 1 слева) служит для выемки коленчатого вала и осмотра масляного насоса. Картеры и блок-картеры находятся при работе под давлением паров холодильного агента. Это давление при работе компрессора низкое и не превышает 0,35 МПа. Однако при неработающем компрессоре вследствие неплотностей клапанов давление в картере может сравняться с давлением в конденсаторе. Картеры и блок-картеры отливаются, как правило, из серого чугуна, однако есть примеры выполнения сварных стальных картеров и блок-картеров.

Цилиндры. В вертикальных и угловых компрессорах цилиндры в нижней части сообщаются с картером, а вверху имеют две крышки - наружную и внутреннюю. Во фреоновых компрессорах внутренняя крышка жестко закреплена между цилиндром и наружной крышкой. В аммиачных компрессорах внутренняя крышка служит защитным устройством от гидравлических ударов.

ь

В верхней части цилиндры аммиачных и фреоновых (для фреона-22) компрессоров имеют водяную охлаждающую рубашку. Компрессоры, работающие на фреоне-12, имеют на цилиндрах ребра для охлаждения воздухом. Отсутствие водяной рубашки объясняется тем, что фреон-12 в конце сжатия в компрессоре имеет более низкую температуру перегрева, чем аммиак.

В компрессорах блок-картерной конструкции применяют сменные втулки, отлитые из перлитного чугуна. Зеркало цилиндра или сменной втулки шлифуют и доводят хонингованием.

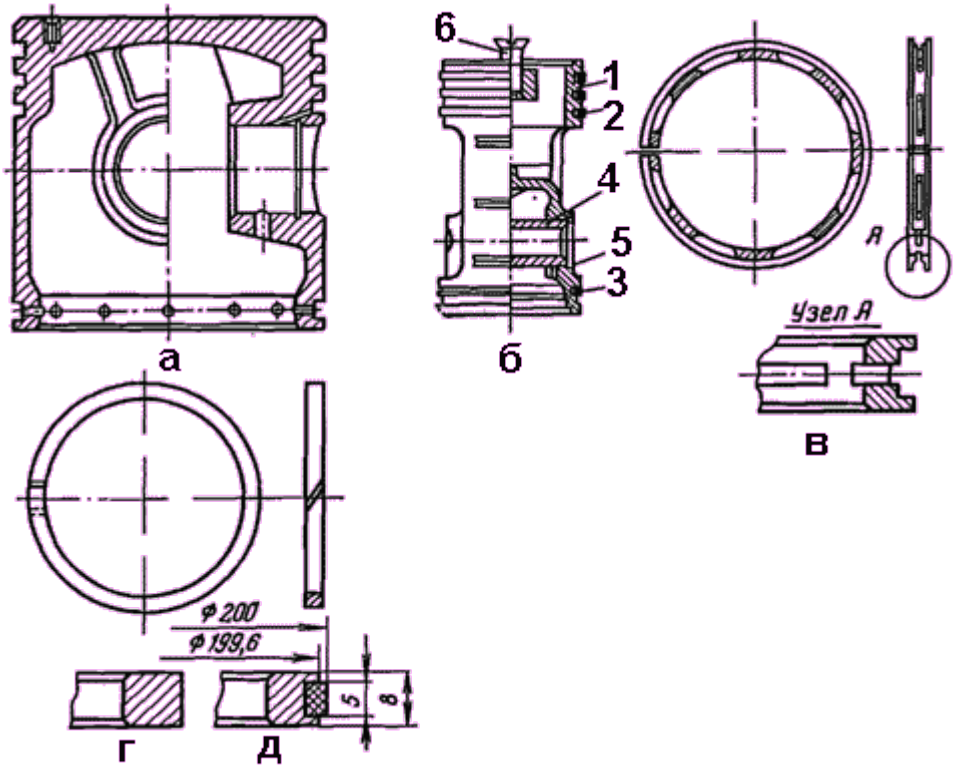


Рис.2. Поршни и поршневые кольца.

Поршни и поршневые кольца: *а* - поршень непрямоточного компрессора; б - тронковый проходной поршень: *2* - корпус; *2* - уплотнительные кольца;*3* - маслосъемное кольцо; *4* - палец; 5 - пружинное кольцо; *6* - винт для крепления всасывающего клапана; *в* - маслосъемное кольцо; *г* - уплотнительное кольцо; *д* - уплотнительное кольцо с мерамитовой вставкой.

Поршни.

В вертикальных и угловых прямоточных компрессорах применяют тронковые проходные поршни, в непрямоточных - облегченные непроходные (рис. 2, *а).* Тронковый проходной поршень прямоточного аммиачного компрессора (рис. 2, б) представляет собой чугунную полую конструкцию удлиненной формы. В верхней части поршня крепится всасывающий клапан. В поршне имеются окна и каналы, по которым пары аммиака из всасывающего трубопровода поступают к всасывающему клапану. Всасывающая полость отделяется от картера перегородкой в поршне. Поршень соединяется с шатуном с помощью поршневого пальца *4,* осевое перемещение которого ограничено пружинными кольцами *5.* На поверхности поршня (вверху и внизу) имеются канавки для уплотнительных и маслосъемных колец *2* и *3.* Поршни отливают из чугуна или из алюминиевых сплавов.

Поршневые кольца бывают уплотнительные (рис. 2, *г, д),* создающие уплотнение между поршнем и стенками цилиндра при движении поршня в цилиндре, и маслосъемные (рис. 2, *в),* которые удаляют избыток масла со стенок цилиндра. Маслосъемное кольцо *3* (см. рис. 2, *б*) на наружной поверхности имеет скос, образующий конусную поверхность. Кольцо устанавливают на поршень конусом вверх. При движении поршня вверх между кольцом и стенкой цилиндра создается масляный клин, отжимающий кольцо в канавку поршня. Благодаря этому масло пропускается вниз.

Часто маслосъемные кольца делают с вырезами (смотреть рис. 2, *в*). Чтобы не было препятствия для сжатия кольца, в канавке поршня сверлят отверстия для сообщения ее с внутренней частью поршня. При движении поршня вниз масло снимается, часть его собирается в канавке под кольцом и через отверстия в поршне стекает внутрь поршня, а затем в картер. Большинство вертикальных компрессоров имеет два-три уплотнительных кольца и одно маслосъемное кольцо.

Поршневые кольца изготовляют из чугуна. Они являются одной из ответственных деталей поршневой машины. Пропуски паров холодильного агента через поршневые кольца снижают коэффициент подачи и увеличивают расход электроэнергии. Надетое на поршень кольцо должно утопать в канавке, а замки колец следует смещать один относительно другого примерно на 90°. Это обеспечивает лучшую их работу. Замки колец в рабочем состоянии должны иметь зазоры во избежание заклинивания поршневого кольца и задира зеркала цилиндра.

Для лучшего уплотнения и уменьшения износа цилиндра поршневые кольца иногда делают с неметаллической вставкой (смотреть рис. 2, *д*).

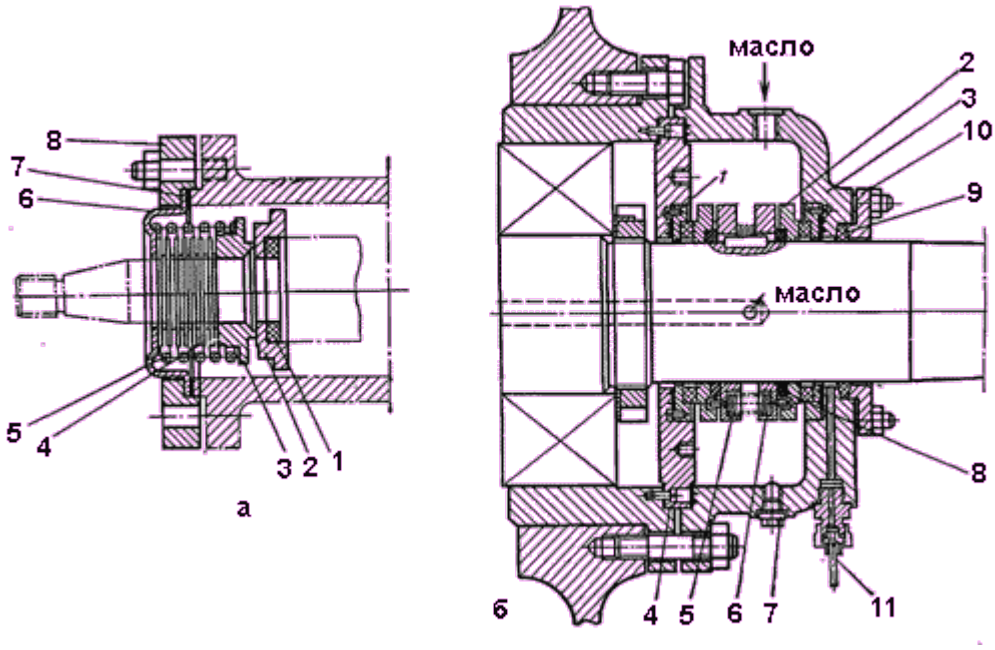


Рис. 3. Уплотнение коленчатого вала компрессора.

Уплотнение коленчатого вала компрессора: а - сильфонный сальник: *1* - резиновое кольцо; *2* - стальное кольцо; *3* - бронзовое кольцо; *4* - сильфон; *5* - пружина; *6* - направляющий стакан *7* -прокладка; *8* - крышка; б - сальник пружинный с графитовыми кольцами трения: *1* - неподвижные кольца с графитовыми уплотнительными вставками; *2* - подвижные уплотнительные кольца; *3* -наружная крышка; *4* - промежуточная крышка; *5* - пружина сальника; *6* - сепаратор пружины; *7* - спускная пробка; 8 - упругие кольца

уплотнения вала; 9 – манжет; *10* - крышка манжета; *11* - трубка для контроля утечек масла из сальника

Уплотнение вала.

Картер компрессора находится под давлением холодильного агента, поэтому коленчатый вал в месте выхода из картера уплотняется с помощью сальника с кольцами трения. Для коленчатых валов мелких фреоновых компрессоров применяются сильфонные сальники (рис. 3,*а*). На вал компрессора плотно насажено кольцо *1* из бензомаслостойкой резины, на которое плотно насажено стальное подвижное кольцо *2.* Неподвижное бронзовое кольцо *3* притерто к стальному кольцу и прижато к нему пружиной *5.* Кольцо *3* припаяно к сильфону *4,* с другой стороны к нему припаян стакан *6,* который на прокладках закрепляется к картеру крышкой *8.*

Большое распространение для уплотнения вала компрессора получили пружинные сальники с кольцами трения и масляным затвором. Если диаметр вала не превышает 50 мм, то сальник выполняют с одной центральной пружиной, при большем диаметре вала обычно устанавливают несколько пружин, заключенных в сепараторе (рис. 3, *б*). В качестве трущейся пары в сальниках применяют высокооловянистую фосфористую бронзу и цементируемую закаленную сталь.

Подвижные кольца *2* сальника стальные, уплотняются по валу резиновыми кольцами *8,* стойкими к фреону, аммиаку и маслу. Этими же кольцами достигается уплотнение по поверхности вала. В неподвижные кольца *1*впрессованы графитовые вставки. Подвижные кольца с помощью пружин *5* прижимаются к неподвижным - графитовым. Эти трущиеся пары колец и образуют уплотнительные пояски. Для смазки трущихся поверхностей и для создания масляного гидравлического затвора в пространство между наружной крышкой *3* и промежуточной крышкой *4* подается масло от насоса. Из сальника масло отводится по сверлению в валу. Манжета *9* служит для

улавливания контрольной утечки масла из сальника и предотвращает разбрызгивание масла по валу и маховику.

Клапаны компрессора. В компрессорах применяют самодействующие клапаны. Они должны легко открываться и оказывать незначительное сопротивление для прохода газа, своевременно и плотно закрываться. Открываются клапаны под давлением газа. Нагнетательный клапан начинает открываться, когда давление в цилиндре будет выше, чем в нагнетательной стороне, и преодолевает усилие пружины клапана. Бугорок на линии нагнетания указывает на некоторое прилипание клапанной пластины к седлу вследствие наличия масляной пленки. В точке *3* клапан должен быть полностью закрыт. Сходные явления происходят и во всасывающем клапане. Он открывается, когда давление в цилиндре будет ниже, чем во всасывающей стороне компрессора.

Расположение клапанов в цилиндре разнообразно. В прямоточных компрессорах всасывающие клапаны размещаются в верхней части поршня и выполняются без пружины (рис. 4, *а*). В современных компрессорах применяются кольцевые пластинчатые и ленточные самопружинящие клапаны. Основными частями кольцевого нагнетательного клапана (рис. 4, *в*) является седло *1,* ограничитель подъема *2* (розетка), пружина *8* и пластинка *3.*Пружина *8* (рис. 4, *б* и *в)* прижимает пластинку *3* к седлу *1* и этим перекрывает проходное сечение клапана. Розетка *7*ограничивает подъем пластин и обеспечивает направление их при подъеме и опускании. Отверстия для выхода пара расположены в розетке по окружности между пластинами. Кроме того, в розетке имеются небольшие отверстия, расположенные против пластин, которые препятствуют прилипанию пластин к ограничителям подъема.

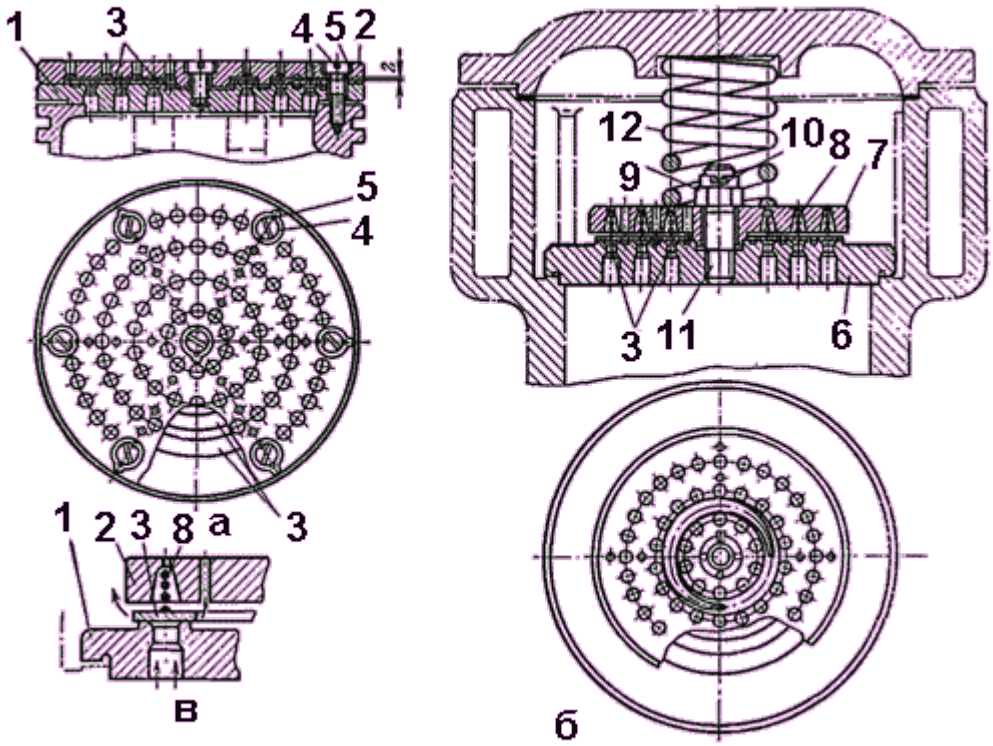


Рис.4. Пластинчатые клапаны.

Пластинчатые клапаны: *а* - всасывающий; *б* - нагнетательный; *в* - схема нагнетательного клапана: *1* - седло; 2 - розетка; *3* - кольцевые пластины; *4* - винт крепления; 5 - замок; *6* - ложная крышка (седло); 7 - розетка; *8* - пружина; *9* - корончатая гайка; *10* -шплинт; *11* -шпилька; *12* - буферная пружина.

Пластины кольцевых клапанов толщиной 1,5 - 2 мм изготовляют из специальной хромированной стали. Высота подъема пластины клапана обычно 1 - 2 мм. Скорость пара в клапанах изменяется в широких пределах и составляет для аммиачных компрессоров 25 - 30, для фреоновых – 20 - 35 м/с.

На рис. 5 показан ленточный самопружинящий клапан прямоточного компрессора. Седло и направляющая клапана имеют расположенные рядом отверстия для прохода пара. В некоторых случаях вместо отверстий делают продольные пазы. Ленточная пластина перекрывает отверстия для прохода пара. Под действием разности давлений пара лента выгибается в сторону направляющей и создает продольные щели для прохода холодильного агента. Ленточные пластины изготовляют из легированной стали (светлая

холоднотянутая лента). Большое проходное сечение и простота конструкции являются достоинствами ленточных клапанов.

Клапан типа «домик» (рис. 5) отличается от ранее известных ленточных клапанов формой профиля ограничителя подъема.

У полосовых клапанов профиль ограничителя подъема был выполнен по дуге окружности. Прогибаясь под действием давления потока газа, пластинка в конце подъема ударялась об ограничитель подъема своим центром или всей поверхностью одновременно. Жесткость пластины в процессе движения не изменялась, так как расстояние между точками ее опоры на ограничитель подъема оставалось постоянным. В клапанах типа «домик» профиль ограничителя подъема образован линией, большая часть которой находится в зоне между линией естественного прогиба балки на двух опорах под действием равномерно распределенной нагрузки и вписанным в нее равнобедренным треугольником. При такой форме профиля исключается удар пластин об ограничитель подъема (пластина как бы обкатывается с проскальзыванием по поверхности ограничителя подъема), а жесткость пластин возрастает (по мере прогиба) в результате уменьшения расстояния между точками их опоры на ограничитель подъема. Центр пластины не достигает ограничителя подъема.

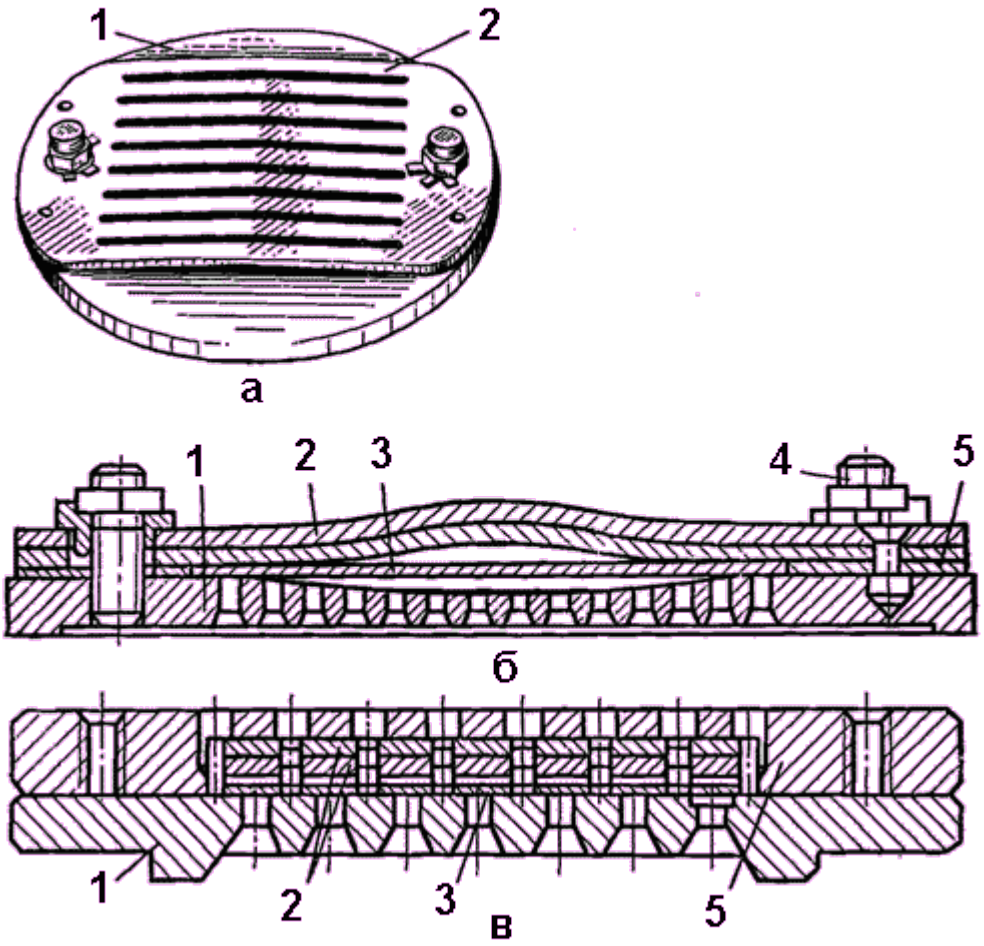


Рис.5. Ленточный клапан типа «домик».

Ленточный клапан типа «домик»: *а* - общий вид нагнетательного клапана; *б* - нагнетательный; *в* - всасывающий: *1*- седло; *2* - розетка; *3* - пластина; *4* - винт крепления; *5* - ограничитель сдвига.

Отсутствие удара пластины об ограничитель подъема и переменное сопротивление пластины действующему на нее потоку газа уменьшают скорость и величину возникающих напряжений при посадке на седло. Это позволяет использовать в клапанах типа «домик» более тонкие пластины. Кроме того, в клапанах типа «домик» увеличена поверхность контакта пластин с ограничителем подъема, что обусловливает отсутствие местной выработки концов пластин и ограничителей. Неполное прилегание пластины к ограничителю подъема исключает возможность ее прилипания.

В клапанах типа «домик» удар пластин при движении их от седла к ограничителю подъема практически отсутствует, так как свободный ход

ь

пластины не превышает сотых долей миллиметра. Для уменьшения перетечек и сокращения времени приработки пластин в клапанах типа «домик» проходы в седле выполнены в виде сверлений и со стороны пластин профрезерованы по всей длине на небольшую глубину.

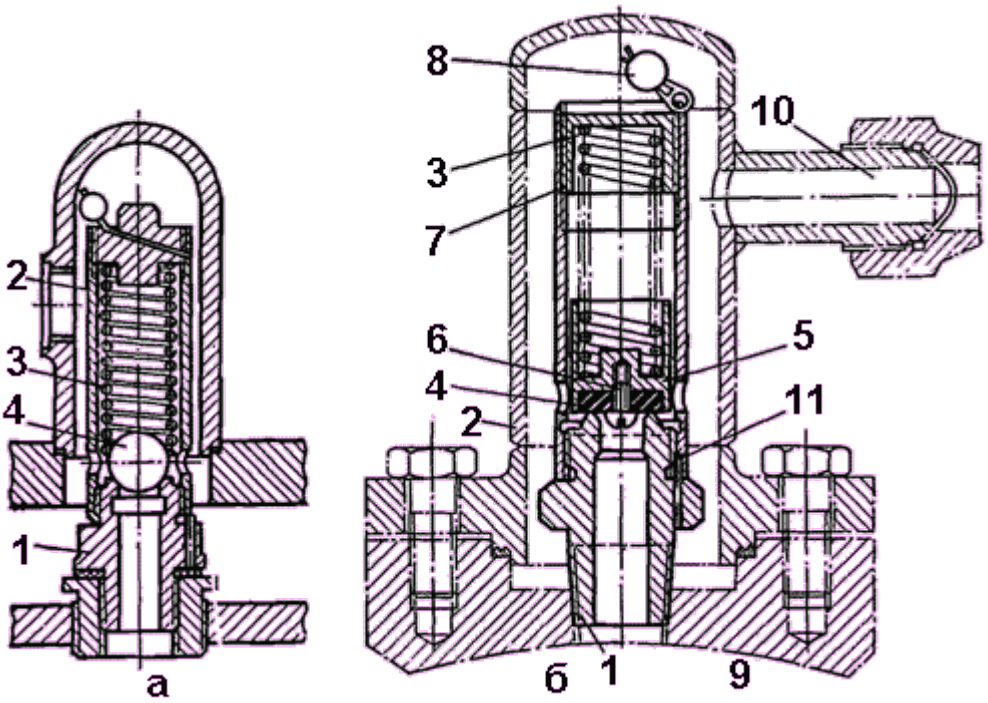


Рис.6. Предохранительные клапаны компрессора.

Предохранительные клапаны компрессора: а - шариковый: *1* - седло; 2 - корпус; *3* - пружина; *4* - клапан: *б* - наперстковый: *1* - седло; 2 - корпус; *3* - пружина; *4* - уплотнительное резиновое кольцо; *5* - клапан; *6* - винт крепления кольца; *7* - регулирующая пробка; *8* - пломба; *9* - полость нагнетания; *10* - полость всасывания; *11* - стопорный винт.

На рис. 6, *а* показан шариковый пружинный предохранительный клапан, а на рис. 6, *б* - наперстковый предохранительный клапан, в котором уплотнение производится с помощью резинового кольца, стойкого при взаимодействии с маслом и холодильным агентом. В некоторых компрессорах вместо пружинного предохранительного клапана устанавливают ломающуюся чугунную пластину, которая при превышении разности давления ломается. Для предотвращения попадания осколков пластины в полость цилиндра ее закрепляют между свинцовыми дисками. Поломанную пластину заменяют

новой, обязательно имеющей клеймо завода. Как видно из рис. 6, регулировку открытия предохранительного клапана производят изменяя силу пружины. Отрегулированный клапан пломбируют, а дату регулировки записывают в формуляр компрессора.

Система смазки компрессоров.

Смазка компрессоров может быть принудительная (под давлением насоса) и разбрызгиванием. Принудительную смазку осуществляют от шестеренчатого или плунжерного насоса. Наиболее надежен насос, работающий под заливом масла. Привод насоса производится от коленчатого вала непосредственно с помощью зубчатой передачи или эксцентрика.

На всасывающей линии насоса устанавливают сетчатый фильтр грубой очистки (сетку располагают на высоте 10 - 15 мм от дна картера; число ячеек сетки фильтра 150 - 300 на 1 $см^2$).

На нагнетательной линии насоса в средних и крупных компрессорах устанавливают щелевые пластинчатые или сетчатые фильтры тонкой очистки. Щелевой фильтр снабжен пружинным перепускным клапаном. При загрязнении фильтра, приводящем к резкому повышению давления масла, клапан открывается и перепускает масло в картер компрессора.

Давление масла регулируется специальным перепускным клапаном, сбрасывающим масло из нагнетательного трубопровода в картер. Обычно давление масла поддерживается на 0,06 - 0,2 МПа выше, чем давление в картере. Если давление масла будет слишком велико, то увеличится унос масла из компрессора.

При использовании коренных подшипников скольжения к ним обычно подводится все масло, подаваемое насосом, которое затем по масляным каналам коленчатого вала поступает к подшипникам шатунов и к сальнику. Если вал опирается на подшипники качения, то масло подводится к сальнику, из которого по сверлениям вала оно поступает к другим деталям компрессора. Зеркало цилиндров в бескрейцкопфных компрессорах смазывается маслом,

стекающим из кривошипных и головных подшипников методом разбрызгивания. В мелких компрессорах смазка, как правило, производится разбрызгиванием.

В судовых компрессорах часто применяют водяное охлаждение масла. Охлаждающее устройство в виде змеевика монтируют непосредственно в масляной ванне картера компрессора или выносят в виде специального теплообменника.

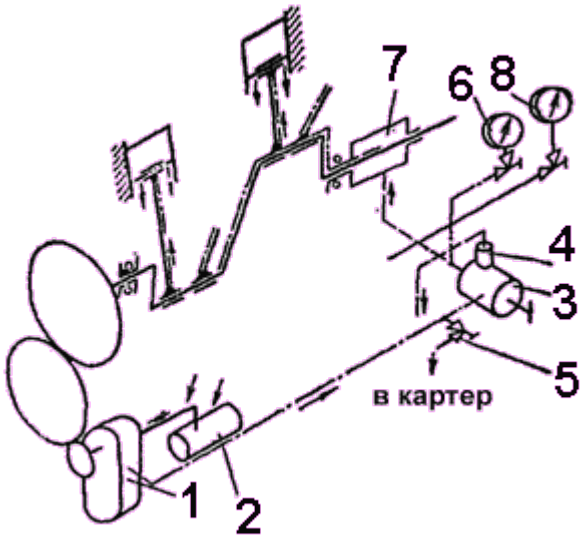


Рис. 7. Схема смазки V-образного четырехцилиндрового компрессора.

Схема смазки V-образного четырехцилиндрового компрессора: *1* - насос масляный; *2* - фильтр грубой очистки; *3* - фильтр тонкой очистки; *4* - предохранительный клапан; *5* - перепускной вентиль; *6* - манометр для контроля давления масла; *7* - сальник компрессора; *8* - манометр, показывающий давление в картере компрессора.

На рис. 7 приведена схема смазки V-образного четырехцилиндрового аммиачного компрессора с коренными подшипниками качения. Масло от насоса *1* через фильтр тонкой очистки *3* подводится к сальнику *7*, по сверлениям в коленчатом валу подается к кривошипным и головным подшипникам шатунов. Давление масла после фильтра перед подачей к местам смазки контролируют по манометру *6*. На компрессоре имеется манометр *8*, показывающий давление в картере. По разности давлений масла

(в картере и после фильтра) судят о работе масляного насоса. Масляный насос приводится во вращение от коленчатого вала через систему шестерен, масло всасывается из картера через фильтр грубой очистки *2*. Для регулирования давления масла предусмотрен ручной перепускной вентиль 5, через который можно сбросить часть масла после насоса в картер компрессора.

НАЗНАЧЕНИЕ И ОПИСАНИЕ КОНСТРУКИЦИ АППАРАТА

Компрессор воздушного охлаждения 2ВУ-5/4М предназначен для сжатия атмосферного воздуха.

Компрессор оснащен системой концевого охлаждения и влагомаслоотделения, обеспечивающий подачи качественного воздуха с температурой не более 333 К (60 ℃).

Технические характеристики.

Основные технические данные должны соответствовать приведенным в таблице.

Табл. 1

Наименование показателя	Норма
Производительность по условиям всасывания, $м^3/с$ ($м^3/мин$)	0,083(5,0)±0,0041 (0,25)
Давление всасывания	атмосферное
Давление нагнетания, Мпа ($кгс/см^2$)	
а) при кратковременном режиме работы (до 20 мин)	0,392(4,0) ±0,019 (0,2)
б) при длительном режиме работы	0,294(3,0) ±0,015 (0,15)
Температура окружающей среды, К (℃)	293 (20)
Температура нагнетания, К (℃)	453 (180)
Охлаждение сжимаемого воздуха	воздушное
Число ступеней сжатия	1
Число цилиндров	2
Диаметр цилиндров, мм	200

Ход поршня, мм	75
Частота вращения коленчатого вала, $с^{-1}$(об/мин)	24,4 (1460) ±0,24 (14,6)
Направление вращения (со стороны привода)	Правое
Мощность потребляемая компрессором, кВт	
а) при кратковременном режиме работы (0,392 МПа)	21,6
б) при номинальном режиме работы (0,294 Мпа), не более	19,6
Смазка	
шатунной шейки коленчатого вала и тонкостенных вкладышей нижней головки шатуна	циркуляционная под давлением
цилиндров, поршневых пальцев и поршневых подшипников	разбрызгиванием
Марка масла	К3-10 ТУ38.401330-81, допускается замена на масло М-8$В_2$ или М- -10$В_2$ ГОСТ 8581-78, ИГП-91 ТУ38.101413- -78
Расход масла, кг/ч, не более	0,045
Количество масла одной заправки, кг	10
Количества масла одной заправки в масленую полость воздушного фильтра, кг	0,5
Температура масла в картере, К (℃) не	353 (85)

ь

более	
Охлаждение компрессора	воздушное
Тип холодильника	пластинчато-ребристый
Вентилятор:	
тип	осевой
производительность	1,8
привод вентилятора	двигатель 4ААМ63В2У3 ТУ16-510-770-81. Исп. 1М1081, 0,55 кВт, 380/220 В, 2780 об/мин
Тип системы автоматики	электрический
Габаритные размеры (без системы автоматики, мм, не более)	
длина	1235
широта	990
высота	1025
Масса компрессора в объеме поставки, кг, не более	см. таб. 1
Габаритные размеры системы автоматики, мм	
длина	400
ширина	600
высота	1400
Масса системы автоматики, кг	120

Примечание: в течении 200 ч. Приработки компрессора допускается

ь

увеличение удельной потребляемой мощности на 5%, снижение производительности на 10% и увеличение расхода на унос на 50%.

Устройство и принцип работы.

Принцип работы компрессора 2ВУ-5/4М. Коленчатый вал компрессора, приведенный в движение электродвигателем через упругую муфту, сообщает обратно-поступательное движение поршням. При этом поршни перемещаются в цилиндрах вверх и вниз из одного крайнего положения в другое. При движение поршня вниз в цилиндре образуется разряжение, в последствии чего открывается всасывающий клапан и атмосферный воздух через фильтр, всасывающую полость головки и клапан поступает в цилиндр. При движении поршня вверх воздух в цилиндре сжимается до давления 0,294 Мпа (3,0 кгс/см^2) и затем через нагнетательный клапан и нагнетательную полость крышки поступает на охлаждение в пластинчато-оребренный холодильник.

Холодильник является конечным и после него охлажденный воздух поступает в концевой влагомаслоотделитель, а их него в нагнетательный трубопровод. На трубопроводе установлены запорный муфтовый вентиль и обратный клапан.

Система автоматики обеспечивает автоматическое регулирование производительности путем перевода работы компрессора на холостой ход.

Смазка цилиндров, поршневых пальцев и подшипников – разбрызгиванием. Шатунной шейки коленчатого вала и тонкостенных вкладышей нижней головки шатуна – циркуляционная под давлением. Циркуляционный подвод масла осуществляется системой смазки работающей следующим образом:

масло из картера компрессора засасывается через сетчатый фильтр шестеренчатым насосом и нагнетается в фильтр тонкой очистки. Вращение ведущей шестерни насоса осуществляется непосредственно от коленчатого

вала компрессора через зубчатую полумуфту. Из фильтра тонкой очистки, представляющего собой блок из двух металлокерамических фильтроэлементов, очищенное масло поступает по маслопроводу в полость коленчатого вала,оттуда через отверстие – на шатунную шейку. К торцу коленчатого вала поджимается пружиной подвижная бронзовая втулка, образующее бронзовое уплотнение и обеспечивающая герметичность масленого насоса на линии нагнетания шестеренного насоса.

Фильтр тонкой очистки Ф1 имеет редукционный клапан, который служит для регулирования рабочего давления масла в системе смазки. Для выполнения этой регулировки необходимо снять колпачковую гайку, ослабить контргайк регулировочного винта и вращением его установить рабочее давление масла в пределах 0,10-0,35 МПа, после чего затянуть контргайку и навинтить колпачковой гайку.

Фильтрующие элементы необходимо подвергать очистке от отложений на его поверхности. Несвоевременная очистка фильтрующих элементов может привести к повышенному износу тонкостенных вкладышей шатуна.

Устройство компрессора.

Компрессор 2ВУ-5/4М выполнен моноблочным, то есть картер жестко соединен с электродвигателем через соединительный корпус, в результате чего отпадает необходимость центровки валов электродвигателя и компрессора при монтаже. Компрессор 2ВУ-5/4М1, М2 устанавливается на трех виброопорах (фундамент не требуется).

Компрессор 2ВУ-5/4М1 состоит из следующих частей (рис.8):

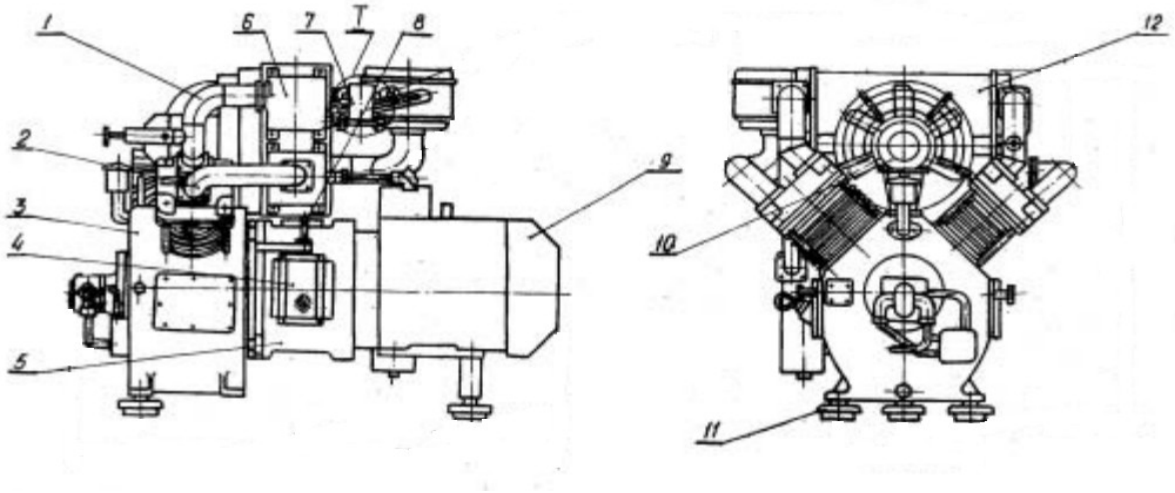


Рис.8 Компрессор 2ВУ-5/4М1.

1.Трубопровод всасывающий 2 ступени; 2. Патрубок нагнетательный 2 ступени; 3.Компрессор; 4. Сетка; 5. Корпус соединительный; 6. Холодильник 1 ступени; 7. Электромагнитный вентиль; 8.Опора холодильника; 9. Двигатель; 10. Двигатель вентилятора; 11. Амортизатор; 12. Блок холодильников.

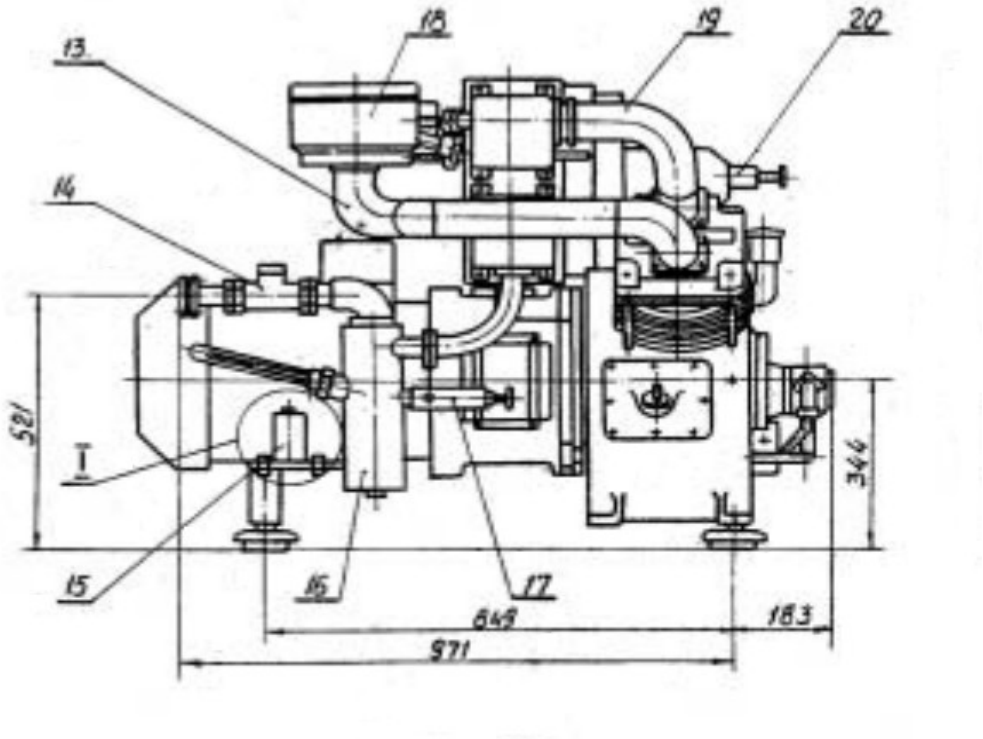


Рис.8 (Продолжение)

ь

13. Коллектор всасывающий; 14. Клапан обратный; 15. Электромагнитный вентиль; 16 Влагомаслоотделитель; 17. Клапан предохранительный 2 ступени; 18. Фильтр с патрубком; 19. Патрубок нагнетательный 1 ступени; 20. Клапан предохранительный 1 ступени; 21. Воздухосборник; 22. Система автоматического управления; 23. Вентиль запорный.

Компрессор модификации М2 входит дополнительно воздухосборник.

Разрез компрессора показан на рис. 9.

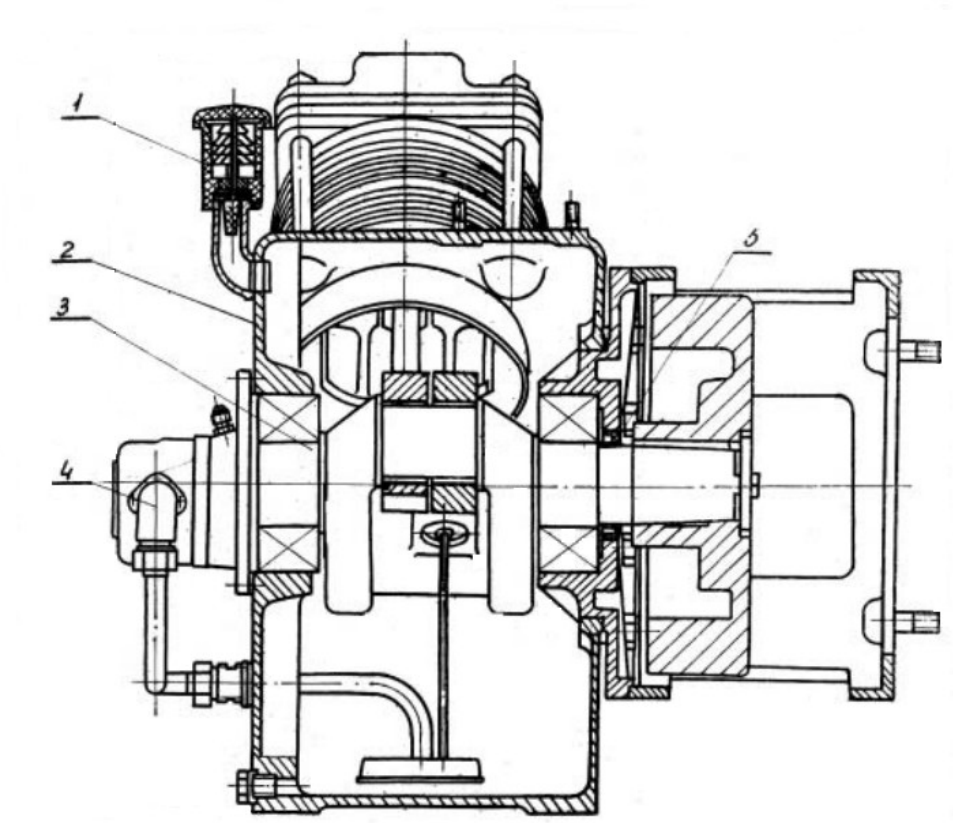


Рис.9 Разрез компрессора.

1.Сапун; 2. Картер; 3.Вал коленчатый; 4. Система смазки; 5. Манжета; 6. Корпус соединительный

ь

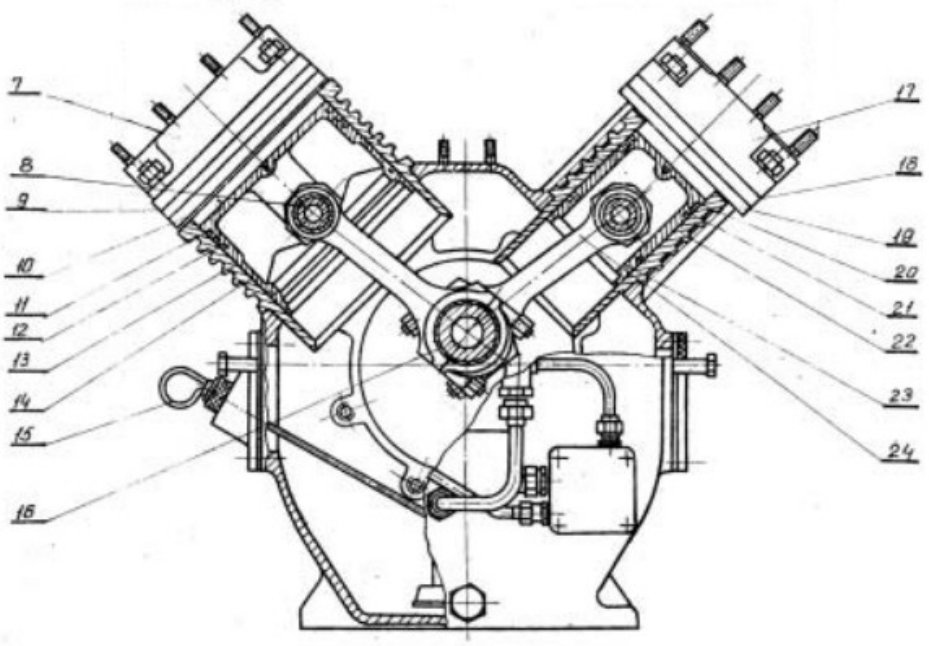


Рис.9 (продолжение). Разрез компрессора.

7. Головка первой ступени; 8. Палец поршневой; 9. Прокладка; 10. Клапан первой ступени; 11. Кольцо уплотнительное; 12. Кольцо маслосъемное 1 ступени; 13. Цилиндр 1 ступени; 14. Поршень 1 ступени. 15. Маслоуказатель; 16. Вкладыш нижней головки шатуна; 17. Головка 2 ступени; 18. Прокладка; 19. Клапан 2 ступени; 20. Кольцо уплотнительное 2 ступени; 21. Кольцо маслосъемное 2 ступени; 22. Цилиндр 2 сступени; 23. Поршень 2 ступени; 24. Шатун.

Картер – литой, чугунный, туннельного типа. Доступ в картер осуществляется через крышки, расположенные на боковой поверхности. В одной из них расположен маслоуказатель.

На картере распложен сапун с отбойной насадкой. Патрубок, на котором установлен сапун, служит для заливки масла в картер.

Вал коленчатый – литой, из высокопрочного чугуна. Опорами являются два радиально-сферических подшипника. На шатунных шайбах вала монтируются шатуны с тонкостенными вкладышами от дизеля Д37-Е.

Для подвода масла к шатунам вал имеет внутренние каналы и отверстия в шатунной шейке.

В хвостовике вала и его противовесах выполнено отверстие, соединяющее внутреннюю полость картера с атмосферой. Это отверстие выполняет роль дополнительного сапуна.

Поршни литые, из алюминиевого сплава.

Цилиндры литые чугунные.

Уплотнениями между поршнями и цилиндрами служат по два уплотнительных и два маслосъемных кольца установленные на каждом поршне.

Клапаны всасывающие и нагнетательные ленточные с упругим ограничением, самодействующие. Пластины всасывающих клапанов утоплены в гнездах нижней доски, пластины в нагнетательных – в гнездах верхней доски. Материал клапанных досок- чугун.

Пластины и пружины изготовлены из стальной ленты.

Фильтр служит для очистки всасывающего воздуха от механических примесей и пыли.

Конструкция фильтра позволяет производить периодическую чистоту фильтрующих элементов и их замену.

Соединительный корпус служит для жесткого соединения компрессора с приводом и обеспечивает соосность их валов. Одновременно корпус является опорой системы охлаждения компрессора.

Система охлаждения предназначена для охлаждения сжатого воздуха компрессора и состоит из блока холодильников и вентилятора с двигателем. Холодильник – пластинчато-ребристый из алюминиевого сплава.

Холодильники просасываются окружающим воздухом осевым вентилятором, имеющим свой привод.

Полумуфты – чугунные литые. Левая полумуфта одновременно выполняет роль маховика.

Кольца выполнены резиновыми.

Система автоматики предназначена для управления компрессором

2ВУ1-5/4М, повышение его безопасности и надежности, а так же максимального ограничения участия в работе обслуживающего персонала.

Система автоматики обеспечивает следующие режимы работы компрессора:

а) ручной;

б) автоматический.

ь

ВИДЫ НЕИСПРАВНОСТЕЙ

Поршневой компрессор устроен достаточно сложно, имеет много поверхностей трения деталей, или деталей испытывающих удары, растяжения, скручивание и т. п. Поэтому в процессе работы компрессора, как у любого другого механизма, могут возникать неисправности в процессе их эксплуатации, связанные с теми или иными причинами. Но и при нормальной эксплуатации естественный износ деталей приводит к различным нарушениям в работе, которые необходимо своевременно обнаруживать. Машинист должен уметь выявлять неисправности в работе, принимать меры по их устранению, а в аварийных ситуациях останавливать компрессор. Инженерно-технические работники ремонтной службы тщательно анализируют причины возникновения неполадок и находят наиболее целесообразные способы их устранения.

Заключения исследований причин аварий компрессоров следующие:

1. 20% компрессоров, представленные неисправными, находятся в хорошем состоянии и работают правильно.

2. Электрические проблемы в целом составляют 20% от всех видов дефектов.

3. Неисправность компрессоров при недостатке масла (т.е. уровень масла составляет 50% ниже стандартного) составляют 6% от всех неисправностей.

4. Заклинивание компрессора (механический дефект) составляет около 20% от всех дефектов.

5. Внутренняя утечка (клапанный элемент или прокладка повреждены, нагнетательный трубопровод, и т.д.) составляет около 8% от всех дефектов.

6. Компрессоры, представленные с воздушным всасыванием (т.е. утечка на линии всасывания) составляют около 5% от всех неисправностей.

ь

Для того чтобы понять типичные неисправности, необходимо их классифицировать.

Они бывают:

1. Механические.

2. Эксплуатационные.

3. Электрические.

К первому типу относятся:

- Загрязнение всасывающего воздушного фильтра

Характер неисправности: поверхностное и внутреннее загрязнение фильтрующего элемента

Причина: нарушение требований к помещению, месту установки компрессора. Присутствие в воздухе пыли, краски и т.д.

Следствия: снижение производительности компрессора, перегрев, преждевременный износ, цилиндра - поршневой группы.

- Механическое повреждение всасывающего воздушного фильтра

Характер неисправности: отсутствие фильтра в сборе, отсутствие фильтрующего элемента, нарушение целостности фильтра или фильтрующего элемента (обламывание, трещины, пробой)

Причина: Небрежная эксплуатация, хранение, транспортировка.

Следствия: Попадание частиц пыли, аэрозолей краски в клапанный узел и в цилиндры компрессора. Износ и загрязнение клапанов, каналов клапанной группы, износ цилиндров, поршней, закоксовывание и последующая потеря подвижности колец (залегание), загрязнение масла (окисление и старение масла). Загрязнение сжатого воздуха.

- Нарушение режима смазывания.

Характер неисправности: Перегрев, снижение компрессии, катастрофический износ цилиндропоршневой группы.

Следствия: механические поломки цилиндропоршневой группы. Задиры на поверхностях цилиндров, износ подшипников скольжения (вкладышей) перегрев, поломка колец, заклинивание поршней, шатунов, обрыв шатунов. Повышенные нагрузки на подшипники электродвигателя.

Основные неисправности в циркуляционной смазочной системе внезапное или постепенное падение давления масла и повышение его температуры. Внезапное падение давления масла в системе может произойти в результате разрыва напорного маслопровода, падения уровня масла в картере или маслобаке, поломки шестеренного насоса или перепускного клапана маслопровода. В этих случаях немедленно останавливают компрессор, определяют причину падения давления и устраняют ее.

Постепенное падение давления масла в циркуляционной смазочной системе происходит из-за неплотности в соединениях масляных трубопроводов. Надо подтянуть болты на фланцах, пропускающих масло. Если течь не устраняется, следует остановить компрессор, выпустить масло и заменить прокладки на фланцах. При засорении приемной сетки масляного насоса ее нужно прочистить. Если засорен один масляный фильтр, нужно переключиться на другой.

Повышение температуры масла в смазочной системе возможно в результате загрязнения холодильника или уменьшения потока охлаждающей воды. Необходимо остановить компрессор, очистить маслохолодильник или, не останавливая компрессор, усилить охлаждение маслохолодильника.

Техническое состояние клапанов и поршневых колец можно определить по снятой индикаторной диаграмме, сравнивая ее с эталонной.

По диаграмме можно увидеть, что в цилиндре увеличено вредное пространство. Политропа расширения идет более полого, чем на эталонной диаграмме. Производительность компрессора снижается.

Негерметичность или несвоевременное закрытие нагнетательного клапана так же выявляется на диаграмме. Газ перетекает из нагнетательного трубопровода снова в цилиндр, экономичность и производительность компрессора снижаются.

Всасывающий клапан пропускает газ во время сжатия, при этом производительность компрессора снижается.

При тугой пружине нагнетательного клапана или большом сопротивлении нагнетательного трубопровода, давление в цилиндре увеличено, расширяющейся газ не позволяет взять в цилиндр полную порцию газа.

В результате защемления всасывающего клапана газ при сжатии возвращается во всасывающий трубопровод, производительность компрессора падает.

Негерметичность поршневых колец и сальников приводит к перетеканию газа из одной полости цилиндра в другую. Показатели работы компрессора при этом ухудшаются.

Здесь следует обратить внимание на особенности смазывания поршневых компрессоров:

а) масло должно быть обязательно компрессорным – в этом масле на порядок (в 10 раз) меньше зольность по сравнению с моторными маслами;

б) заливать рекомендованное производителем компрессоров масло;

в) следить за рекомендованным уровнем масла;

г) менять масло, в точности, как написано в техническом руководстве компрессора.

Второй тип неисправностей составляет небрежная эксплуатация (несоблюдение режима работы компрессора):

Режим работы компрессора - повторно-кратковременный, с продолжительностью включения до 60%, при продолжительности одного цикла от 6 до 10 мин. Допускается непрерывная работа компрессора не более

15 мин, но не чаще одного раза в течение 2-х ч. Из этого следует, что общее время наработки компрессора не должно превышать 36 мин. Это относится к промышленным поршневым компрессорам с воздушным охлаждением. Для бытовых компрессоров продолжительность включения менее 60%. И полезное время работы не превышает 30 мин. в час.

Характерные неисправности:

Внешнее загрязнение всех узлов компрессора, обычное дело – где красим там и храним компрессор. Поломка трубопроводной арматуры, пластиковых защитных корпусов компрессора, прессостатов (реле давления), защитных кожухов вентилятора и самих крыльчаток вентилятора, забываем сливать конденсат из ресивера, механическая поломка регуляторов давления, манометров, самостоятельный ремонт и перенастройка сложных узлов компрессора и т.д.

Электрические неисправности подразделяются на два основных типа: механические и собственно электрические.

Механические аварии – это деформация или поломка вала ротора, ослабление крепления сердечника статора к станине, ослабление опрессовки сердечника ротора, выплавление баббита в подшипниках скольжения, разрушение сепаратора, кольца или шарика в подшипниках качения, поломка крыльчатки, отложение пыли и грязи в подвижных элементах, прочее.

Причиной большинства механических аварий являются радиальные вибрации из-за асимметрии питающей сети (т. н. перекос фаз), механические перегрузки на валу электродвигателя, брак комплектующих элементов или допущенный при сборке. До 10% всех аварий АД имеют механическое происхождение. При этом 8% приходится на долю аварий, связанных с асимметрией фаз и только 2% на аварии, связанные с механическим перегрузом. Доля аварий, связанных с браком, мала, и поэтому ее можно не принимать во внимание в настоящем рассмотрении.

Электрические аварии, в свою очередь, делятся на три типа:

ь

- сетевые аварии (аварии по напряжению), связанные с авариями в питающей электросети;

- токовые аварии, связанные с обрывом проводников в обмотках статора, ротора или кабеля, межвитковым и междуфазным замыканием обмоток, нарушением контактов и разрушением соединений, выполненных пайкой или сваркой; аварии, приводящие к пробою изоляции в результате нагрева, вызванного протеканием токов перегруза или короткого замыкания;

- аварии, связанные со снижением сопротивления изоляции вследствие ее старения, разрушения или увлажнения.

Ниже мы рассмотрим ещё некоторые возможные неисправности, сразу указывая наиболее вероятные причины их возникновения и необходимые меры устранения.

Неравномерное распределение давления по ступеням сжатия, определяемое по показаниям манометров, происходит вследствие неисправности всасывающего или нагнетательного клапана какой-либо ступени сжатия.

При неисправном всасывающем клапане газ свободно возвращается в межступенчатое пространство, из-за чего в нем повышаются давление и температура. Повреждение нагнетательных клапанов высших ступеней также приводит к повышению давления и температуры в предыдущей ступени. Сжатый газ через неисправный нагнетательный клапан частично снова поступает в цилиндр высокой ступени, поэтому этот цилиндр будет забирать меньше газа из предыдущей ступени, чем в нее поступает, и давление будет повышаться.

В работе клапана могут быть следующие неисправности: клапанные пластины не обеспечивают достаточной плотности; поломка деталей клапана (пластин, пружины, седла, направляющей шпильки); ослабление пружины или потери упругости; несвоевременное закрытие клапанов. В каждом отдельном

ь

случае, прежде всего, определяют причины ненормальной работы клапанов, а затем устраняют обнаруженные дефекты.

Неплотную посадку клапанных пластин на седло устраняют очисткой их от нагара и грязи или пришлифовкой и притиркой. Детали клапана с трещинами или поломками заменяют. Пружину, потерявшую упругость, также заменяют.

Несвоевременное закрытие клапанов происходит из-за потери упругости пружин, которые следует заменить. На уплотнительных поверхностях пластин и седел в результате газовой коррозии появляются раковины и риски. Их выводят шлифовкой и притиркой.

Появление в компрессоре резких и глубоких стуков происходит по многим причинам. Резкий стук может быть вызван попаданием твердых металлических частей (кусок пружины, обломок клапанной пластины и пр.) в цилиндр компрессора. Нужно остановить компрессор, извлечь их и устранить дефекты на зеркале цилиндра. Удары поршня о крышку цилиндра при недостаточном вредном пространстве дают резкий стук. Надо либо увеличить толщину прокладки между цилиндрами или цилиндром и его крышкой, либо уменьшить толщину прокладок на штоке возле дистанционной гайки. Резкий стук бывает при излишнем смазывании цилиндров или попадании влаги и масла из масловлагоотделителей. Следует уменьшить подачу масла в цилиндры, тщательно продуть все масловлагоотделители.

Резкие стуки в компрессоре могут появиться и по другим причинам, например при большой выработке ползунов или параллелей, износе крейцкопфного пальца и др. В этих случаях компрессор останавливают и проводят соответствующие ремонтные работы.

Обычно для определения места стука используют металлический пруток или трубку, один конец которой прикладывают к месту, где слышен стук, а другой к уху.

Глухой стук слышен при ослаблении крепления шатунных и коренных подшипников, выработке их или шеек вала, изнашивании деталей крейцкопфа и конических поверхностей пальцев. Поэтому нужно остановить компрессор, подтянуть крепление подшипников, болты крышек подшипников. Если при этом крепление в подшипниках не достаточно, то надо перезалить подшипники.

При работе компрессора в сальниках встречаются две основные неисправности: пропуск газа и нагрев. Выработка и неправильная укладка колец в сальниках с мягкой набивкой служат главными причинами пропуска газов. Следует подтянуть нажимную буксу и, если пропуск газа не уменьшается, заменить сальниковую набивку.

Пропуск газа в сальниках с металлической набивкой происходит по следующим причинам: выработка уплотняющих колец и увеличение вследствие этого зазора между штоком и внутренним диаметром кольца. Необходимо поставить уплотняющие кольца с допустимыми зазорами. При поломке или соскакивании пружин, прижимающих камеры сальников одну к другой, нужно проверить и установить на место пружины, поломанные заменить. Выработку штока или риски, царапины и другие повреждения на его поверхности устраняют восстановлением поверхности штока.

Сальники и штоки нагреваются главным образом из-за перекоса нажимной буксы.

ВИДЫ И СОДЕРЖАНИЕ РЕМОНТОВ АППАРАТА

Периодичность и последовательность проведения ремонтных работ определяется структурой ремонтного цикла:

- Ежесменное техническое обслуживание;
- Обслуживание № 1 (через 260 ч.);
- Обслуживание №2 (через 1300 ч);
- Текущий ремонт (через 2600 ч);
- Капитальный ремонт (через 13000 ч).

Обслуживание компрессора должно быть поручено лицу, хорошо знающему его конструкцию и принцип работы.

Объем работ по видам ремонта:

- обслуживание остановленного компрессора:

проверить, нет ли подтекания масла из компрессора, при обнаружении таковых – устранить; проверить уровень масла в картере, при необходимости долить.

- обслуживание работающего компрессора:

проверить, нет ли посторонних шумов и стуков. При их наличии остановить компрессор и устранить причину; проверить герметичность трубопроводов и их соединения; проверить работоспособность предохранительных клапанов путем ручного подрыва.

При техническом обслуживании №1 должны выполняться:

все работы, входящие в ежесменное обслуживание;

промывка и очистка фильтрующих элементов системы смазки;

продувка и промывка фильтрующего элемента сжатым воздухом и промывка корпуса воздушного фильтра;

проверка состояния смазки;

проверка затяжки шатунных болтов;

проверка крепления головок, фланцев и других соединений;

ь

профилактический осмотр приборов системы автоматического управления.

При обслуживании №2 должно выполнятся:

все работы, входящие в объем обслуживания №1;

осмотр, промывка и продувка маслопровода системы смазки;

проверка состояния коренных и шатунных подшипников;

проверка состояния клапанов;

проверка износа поршней и цилиндров;

измерение зазоров в замках палец и в канавках поршней, при необходимости замена палец новыми;

проверка поршней, цилиндров, крышек на наличие задиров и трещин;

При текущем ремонте проводят следующие работы:

демонтаж предохранительного клапана, всасывающего и нагнетательного запорных вентилей;

демонтаж шатунно–поршневых групп;

устранение рисок, зазоров, наволакивание металла на поверхность втулок верхних головок шатунов, поршневых пальцев, шатунных вкладышей, проверку микротрещин в шатунных болтах;

замену и вулканизацию резинового уплотнения запорных вентилей.

Капитальный ремонт заключается в полной разборке и дефектации изделия, проверке и замене или ремонте всех составных частей, в том числе и базовых, сборке изделия и его комплексной проверке, регулирование и испытание. При капитальном ремонте дополнительно к объему текущего ремонта проводится: полный демонтаж компрессора с демонтажем коленчатого вала и цилиндровых гильз; замена гильз, поршней и деталей масленого насоса, имеющих износ; замер коленчатого вала на микротрещины, коррозию, правильность геометрических форм, промывка и продувка масленых насосов, замена болтов противовеса, статическая балансировка, замена болтов шатунов; сборка, окраска и испытание отремонтированного компрессора.

ь

Структура ремонтного цикла.

Периодичность обслуживания № 1 – $Т_{о1}$ = 260 (ч)

Периодичность обслуживания № 2 – $Т_{о2}$ = 1300 (ч)

Периодичность текущего ремонта – Т.р. = 2600 (ч)

Периодичность капитального ремонта – К.р. =1300 (ч)

Определяем количество всех ремонтов в ремонтном цикле:

$$n = \frac{\text{К.р.}}{8640} = \frac{1300}{8640} = 1{,}5\ (года)$$

$$a_{Т.р.} = \frac{\text{К.р.}}{\text{Т.р.}} - 1 = \frac{1300}{2600} - 1 = 4$$

$$a_{Т.о.2} = \frac{\text{К.р.}}{\text{Т.о.}_2} - a_{Т.р.} - 1 = \frac{1300}{1300} - 4 - 1 = 5$$

$$a_{Т.о.1} = \frac{\text{К.р.}}{\text{Т.о.}_1} - a_{Т.о.2} - a_{Т.р.} - 1 = \frac{1300}{260} - 5 - 4 - 1 = 40$$

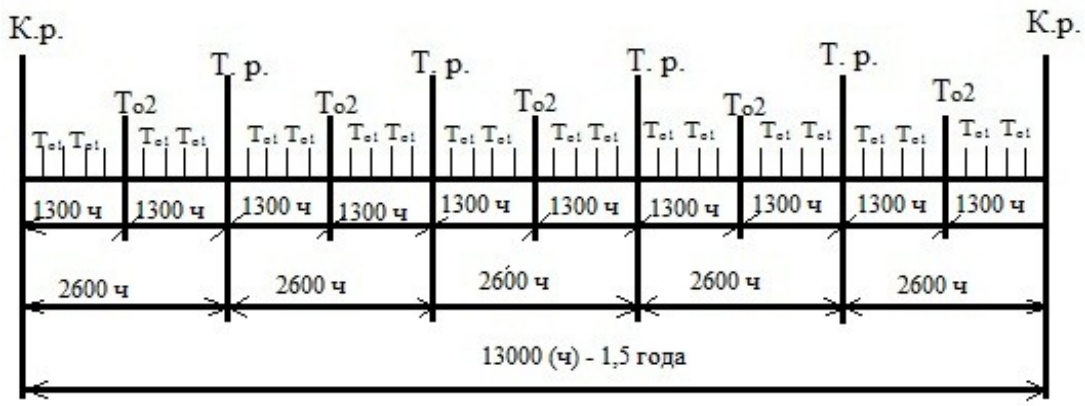


Схема технологического процесса капитального ремонта.

При капитальном ремонте:

— произвести полную разборку компрессора;

- проверить все посадки и сопряжения со значениями приведенными в таблицах;

- при необходимости заменить изношенные сборочные единицы, деталями новыми или заранее отремонтированными.

Разборка и сборка компрессора.

При остановке компрессора на техосмотр или ремонт подвергать компрессор разборке необходимо только после внимательного ознакомления с конструкцией машины по чертежам и изучения инструкции по эксплуатации.

Перед сборкой компрессора или сборочных единиц необходимо выполнить следующие требования:

- отключить электрическое питание компрессора на главном распределительном щите и повесить табличку « Не включать! Работают люди!»;

- слить масло из картера;

- работу по разборке начинать только после полной остановки компрессора и подготовки рабочего места.

Разборку рекомендуется проводить в следующем порядке:

- снять воздушный фильтр с патрубком;
- снять ртутный термометр;
- отвернуть гайки и снять с головок цилиндров и холодильников патрубки и трубопроводы;
- снять влагомаслоотделитель;
- снять ограждение вентилятора;
- отвернуть болты крепления двигателя вентилятора и снять двигатель с вентилятором;
- снять холодильников;

- отвернуть гайки анкерных шпилек и снять головки;
- снять клапан;
- снять цилиндры. В момент выхода поршней из цилиндров, поршни необходимо придерживать, во избежание удара их о картер;
- поршневые кольца снять с помощью пластин из мягкого металла;
- отвернуть гайки и снять боковые крышки картера, освобождая доступ к нижним головкам шатуна;
- отвернуть гайки шатунных болтов;
- снять крышки нижних головок шатунов, а после этого сами шатуны в сборе с поршнями;
- отвернуть гайки и снять электродвигатель с укрепленной на его валу полумуфтой двигателя, предварительно подложив под соединительный корпус или картер деревянный брус;
- при снятии полумуфты с вала двигателя необходимо предварительно отвернуть стопорной винт;
- снять полумуфту с коленвала;
- отвернуть гайки и снять соединительный корпус;
- отвернуть гайки и снять трубы, подводимые к маслонасосу и масленому фильтру;
- отвернуть гайки и снять масляный фильтр;
- отжать при помощи отжимных винтов и снять с картера крышку с маслонасосом;
- снять коленвал вместе с подшипниками и крышкой;
- снять крышку подшипника.

Сборку компрессора производить в порядке, обратном разборке.

При сборке необходимо обратить внимание на следующее:

- все детали перед сборкой должны быть очищены от грязи, промыты в уайт-спирите и просушить сжатым воздухом;
- при зазоре в шатунных подшипниках равном 0,3 мм и овальности

шеек 0,15 мм необходимо перешлифовать шейки вала и заменить вкладыши нижней головки шатуна.

Ремонт деталей компрессора.

Основными узлами поршневого воздушного компрессора являются: станина (рама), коленчатый вал, шатуны, шатунные болты, шток, поршень, поршневые кольца, клапаны, цилиндр.

Ремонт коленчатого вала и коренных подшипников.

Причинами поломки коленчатого вала являются неправильный монтаж, пороки металла, некачественное изготовление вала (наличие концентраторов напряжений в местах перехода, галтелях и смазочных отверстиях), несвоевременный и некачественный ремонт, недостаточное смазывание, обрыв шатунных болтов и штоков и т. д.

В результате длительной работы шейки коленчатого вала становятся овальными (конусообразными, бочкообразными), их рабочие поверхности покрываются рисками и задирами, вал прогибается, происходит смятие шпоночных пазов, повреждение резьбы и т. п.

Перед ремонтом коленчатого вала производят проверку состояния щек, шеек, галтелей с целью обнаружения задиров и забоин; биение шеек, овальность и конусообразность; наличие поверхностных и внутренних трещин вала; положение оси вала по расхождению шеек. Проверка состояния коленчатого вала начинается с проверки с помощью щупа зазоров в соединении вала с коренными подшипниками и в соединении шатунных шеек с шатуном, а также проверки положения оси вала по расхождению щек. Эти виды контроля могут характеризовать взаимный износ сопрягаемых поверхностей коленчатого вала, коренных подшипников, шатуна.

Если у коленчатого вала овальность и конусообразность шеек больше допускаемых, биение шеек превышает допустимые значения, глубина задиров на шейках более 0,1 мм, высота образовавшихся на шейках кольцевых выступов и впадин более 0,15 мм, имеются трещины и изломы на шейках, то такой коленчатый вал подлежит ремонту.

Задиры и забоины, обнаруженные на шейках и галтелях коленчатого вала, устраняются шлифованием или проточкой с последующим шлифованием.

Трещины, обнаруженные при дефектации коленчатого вала, устраняются сваркой, а прогиб вала - правкой механическим, термическим или термомеханическим способами.

При осмотре коренных подшипников проверяют расхождение шеек коленчатого вала в двух положениях, зазор у верхнего вкладыша" для вертикальных компрессоров и у боковых вкладышей для горизонтальных компрессоров, состояние баббитовой заливки подшипников и прилегание поверхностей вкладышей к шейкам вала и к корпусам подшипников.

Боковые зазоры проверяют щупом, а верхние - оттиском свинцовой проволоки диаметром 1-1,5 мм, которую закладывают под верхний вкладыш. После этого устанавливают и натягивают верхнюю крышку подшипника, затем подшипник разбирают и толщину свинцовой проволоки измеряют с помощью штангенциркуля или микрометра.

Основной вид изнашивания подшипников скольжения - изменение размеров и формы антифрикционной заливки. При небольшом увеличении зазора между заливкой и валом возможно уменьшение этого зазора при снятии прокладок между половинками вкладышей.

Основным методом ремонта подшипников является перезаливка антифрикционного сплава с последующей расточкой, шабрением и пригонкой по шейке коленчатого вала. Заливку производят вручную или центробежным способом. Качество заливки должно быть такое, чтобы вкладыш при

обстукивании молотком издавал чистый звук.

Ремонт шатунов.

Из-за некачественного ремонта, длительной эксплуатации компрессоров, неудовлетворительного технического обслуживания шатуны преждевременно выходят из строя. Происходит прогиб, скручивание стержня шатуна, появляются трещины, выработка вкладышей головки шатуна, втулки крейцкопфной головки шатуна. Прогиб шатуна устраняют правкой в холодном состоянии либо с подогревом. Параллельность осей отверстий кривошипной и крейцкопфной головки шатуна проверяют после установки в отверстие оправок и выверки параллельности оправок на специальном приспособлении.

Непараллельность свидетельствует о скрученности шатуна. Скрученные шатуны подлежат замене. Вкладыши головок шатуна при значительной выработке заменяют. Кривошипная головка шатуна имеет разъем, и незначительная выработка вкладышей может компенсироваться уменьшением толщины прокладок в разъеме. При значительной выработке вкладыши заменяют. При аналогичных условиях подлежит замене и втулке крейцкопфной головки шатуна. Шатунные болты при наличии трещин, сорванной резьбы, а также при вытяжке не ремонтируются, а заменяются новыми.

Ремонт поршней.

В результате длительной эксплуатации компрессора уменьшается наружный диаметр поршней, увеличиваются ширина канавок под поршневые кольца и диаметр отверстия под поршневой палец. Основная причина преждевременного износа поршней — это перекос механизма движения. Чтобы не допустить этого, необходимо следить за зазорами, определяющими центровку поршня, и своевременно устранять даже небольшие перекосы. При

увеличении зазора между поршнем и цилиндром сверх допустимого поршень подлежит замене новым поршнем, изготовленным по рабочему диаметру цилиндра. Допустимый зазор между поршнем и цилиндром зависит от диаметра цилиндра:

Чтобы определить износ наружной цилиндрической поверхности поршня, его измеряют по трем поясам микрометрической скобой с точностью до 0,01 мм.

В процессе работы поршня значительно изнашиваются по торцу канавки поршневых колец, особенно первая поршневая канавка из-за ухудшения смазывания в конце хода поршня и значительных усилий, воспринимаемых и передаваемых первым поршневым кольцом. Износ определяют измерением высоты канавок проходным или непроходным калибром или штангенциркулем с ценой деления 0,05. Торцовое биение канавок недолжно превышать 0,05 мм. Восстановить поршневые канавки поршня можно не более одного раза протачиванием их на токарно-винторезном станке под ремонтный размер поршневых колец.

Если размер канавок по высоте превышает на 20% номинальный, то такой поршень подлежит выбраковке и замене новым.

При повышенных зазорах в сопряжении поршень - палец следует развернуть отверстие под палец большего диаметра и по нему необходимо подогнать поршневой палец. При значительном износе поршень может быть восстановлен наплавкой баббитового пояса и подгонкой его к цилиндру.

Ремонт штока.

При изгибе или дефектах резьбы шток подлежит замене. Изменение формы (овальность, конусность) поверхности штока в местах ее соприкосновения с набивкой сальника устраняется шлифовкой. При значительном износе возможно восстановление номинального диаметра штока хромирование и наплавкой с последующей проточкой и шлифовкой.

Ремонт цилиндров.

При ревизии проверяется наличие изъянов на зеркале цилиндра. Замер износа цилиндра проводится в трех сечениях в двух взаимно перпендикулярных направлениях для каждого сечения. Цилиндр растачивается в следующих случаях:

- при наличие продольных рисок глубиной более 0,25 мм или грубых кольцевых задиров, превышающих 10% длины окружности;
- при бочкообразности 1,25÷1,5 мм;
- при овальности 0,5÷0,6 мм.

При большой степени износа или при повторном ремонте в цилиндр вставляется гильза. Расточенный или новый цилиндр подвергается гидравлическому испытанию.

После расточки цилиндра, поршень заменяется другим, с увеличенным диаметром. При наличии трещин на наружных стенках водяных и воздушных полостей цилиндра ремонт производится постановкой ввертышей, стальных хомутов с резиновой прокладкой либо сваркой с последующим гидравлическим испытанием.

Обкатка компрессора без нагрузки.

Снять малые люковые крышки. Смазать направляющие крейцкопфа, коренные роликоподшипники и шток маслом из рамы. Большую крышку поставить на место.

Снять по одному всасывающему и нагнетательному клапану в каждой полости сжатия.

Провернуть коленчатый вал компрессора рукояткой на 2 оборота. Проверить отсутствие заеданий и стуков. Рукоятку вынуть.

Проверить наличие протока воды (на сливе из компрессора и холодильников). Осмотреть через клапанные гнезда внутренние полости

цилиндров. Течи воды и потение не допускаются.

Открыть вентиль на нагнетательном трубопроводе и линии продувки холодильников (влагомаслоотделителей).

Для проверки правильности направления вращения вала компрессора - включить электродвигатель на несколько секунд. Двигатель должен вращаться по часовой стрелке, если смотреть на ротор со стороны электродвигателя. (В случае вращения ротора в обратном направлении поменять местами любые из двух фаз проводов на линии подключения электродвигателя).

Вновь включить электродвигатель компрессора. Через 35 - 40 сек. проверить давление масла в системе смазки механизма движения. Давление должно быть в пределах 0,147 - 0,294 МПа (1,5 - 3 кгс/см^2).

В случае отклонения давления за указанные пределы выключить электродвигатель и отрегулировать давление масла путем установки регулировочных прокладок под пружину или корпус редукционного клапана.

Проверка давления масла на компрессорах базы 4М производится на обоих значениях частоты вращения.

Лубрикатор должен подавать смазку во все подключенные точки (проверяется по смотровым окнам).

Через 3 - 5 мин работы компрессор остановить.

После выдержки в течение 2 - 3 мин проверить, сняв большую люковую крышку, нагрев коренных подшипников, направляющих гильз крейцкопфа, верхних и нижних головок шатуна, штоков на ощупь; температура должна быть 35 - 40°С. Повышенный нагрев одной из одноименных деталей указывает на неисправность, которую надо устранить прежде, чем приступать к дальнейшей обкатке, установить люковую крышку.

Запустить компрессор в работу на 30 минут. Остановить. Произвести осмотр компрессора, при этом нагрев деталей на ощупь не должен превышать 75°С. Установить малые люковые крышки.

Обкатка компрессора.

Обкатка компрессора под нагрузкой.

Произвести продувку всего воздушного тракта путем последовательной установки клапанов от первой до последней ступени.

Установить всасывающий клапан 1-й ступени и запустить компрессор в работу на 3 - 4 минуты.

Установить нагнетательный клапан 1-й ступени и запустить компрессор в работу на 5 - 7 минут.

Закрыть линию продувки холодильника 1-й ступени.

Проделать операции, аналогичные по всем ступеням.

Для ступеней с комбинированным клапаном закрытие линии продувки производить после установки комбинированного клапана и работы компрессора в течение'5 - 7 мин.

Примечания:

1. Установку деталей производить только при отключенном электродвигателе.

2. Пуск компрессора с клапанами производить при открытом вентиле на нагнетании (давление всасывания - атмосферное).

Поднять давление нагнетания до 50% от номинального и далее - до номинального (конечного) давления постепенным закрытием вентиля на нагнетательной линии.

Обкатывают компрессор на рабочем давлении в течение часа. За это время проконтролировать:

а) распределение давлений по ступеням, которое должно стабилизироваться к концу обкатки и соответствовать данным, указанным в формуляре;

б) соответствие температур (по показаниям термометров) нагнетаемого газа по ступеням температурам, указанным в формуляре;

в) исправность системы смазки цилиндров и сальников;

г) исправность системы смазки механизма движения (давление масла должно быть в допустимых пределах);

д.) отсутствие стуков (на слух);

е) герметичность масло-, водо-, воздухопроводов;

ж) температуру охлаждающей воды на выходе из компрессора (не выше 40°С).

з) температуру масла в системе смазки кривошипно-шатунного механизма (не выше 75°С).

Если компрессор пускают после переконсервации, переборки или ремонта, обкатывать его следует по методике, изложенной выше со следующими дополнениями:

а) перед пуском проверить свинцовой проволокой линейную величину мертвого пространства цилиндров, которая должна соответствовать данным, имеющимся в формуляре компрессора;

б) после 30 минут обкатки и осмотра, при отсутствии неполадок, пустить компрессор в непрерывную обкатку на 6 часов;

в) если после 6 часов обкатки не обнаружено никаких дефектов, на цилиндры установить клапаны, продуть газовый тракт компрессорной установки и компрессор пустить в работу с клапанами при открытой задвижке на нагнетании (давление всасывания и нагнетания — атмосферное); после 30 минут работы компрессор остановить и тщательно осмотреть, затем компрессор вновь запустить, поднять давление нагнетания постепенно до номинального и обкатать компрессор на рабочем давлении в течение часа.

Сдача компрессорной установки в эксплуатацию после ремонта.

После устранения всех обнаруженных неполадок, подтяжки всех соединений и полной замены масла компрессор можно считать подготовленным к эксплуатации.

Результаты испытаний под нагрузкой необходимо оформить соответствующим актом.

Монтаж компрессора.

Монтаж компрессора необходимо вести, строго в соответствии с требованиями настоящего паспорта, технического описания ИЖТП 656.367.003, входящего в состав поставки шкафа, «Правил устройства и безопасной эксплуатации стационарных компрессорных установок, воздухопроводов и газопроводов», «Правил устройства электроустановок (ПУЭ)», «Правил техническом эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭ)», «Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

Компрессор должен быть установлен в помещении на ровную площадку с твердым шероховатым покрытием (бетон, асфальт, керамическая плитка, кирпичная кладка и т. д.). Крепление амортизаторов к опорной поверхности не требуется. Не допускается попадание смазочных материалов под амортизаторы. При монтаже компрессора следует предусмотреть необходимые проходы для удобства его обслуживания и осмотра.

Соединение компрессора с воздухосборником, а также воздухосборника с потребителем воздуха, должно производиться стальными трубами.

Электромонтаж компрессора производить в следующем порядке: обеспечить заземление компрессора и шкафа; провести силовую линию от рубильника на главном распределительном щите к компрессору модификаций М11, М12, М14, М15 через щит системы автоматического управления, которая устанавливается в непосредственной близости от компрессора, вместе, удобном для наблюдений за показанием приборов; подключить термометры сопротивления и электромагнитные вентили устанавливаемые в местах отбора на компрессоре; подвод внешних проводов к шкафу снизу; проверить

ь

правильность соединения концов (клемм) электродвигателей и подсоединений внутренней подводки; методом ´пуск-стопª убедиться в правильном направлении вращения двигателей; монтаж шкафа, а также соединение его проводами и кабелем производить согласно схеме внешних соединений.

РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

1 Технологический расчет машины.

Исходные данные

V =3 м^3/мин $P_{ВС}$ = 0,1 мПа $P_Н$=0,293 мПа $T_{ВС}$ = 293 К (20 ^{0}С) $T_{Н.}$ = 453 К (180 ^{0}С) Всасываемый газ – воздух .

Если начальное давление равно атмосферному (0,1), то конечное до 0,6 (0,294) мПа, тогда число ступеней I, что и имеется в нашем компрессоре.

степень сжатия ступени:

$$E = \frac{P_Н}{P_{ВС}} = \frac{0,294}{0,1} = 2,94 \text{ (мПа)}$$

Свойства воздуха:

- молекулярная масса 29 (кг/кмоль)
- газовая постоянная R=287 (кДж/кг℃)
- плотность, при Р= 0,1 (мН/ м^2), ρ_0 = 1,29 (кг/м^3)
- мольная теплоемкость $C_М$= 29 (кДж/кг℃)
- массовая теплоемкость С = 1 (кДж/кг℃)
- показатель адиабаты *k* =1,4.

Температура газа.

$T_{ВС}$ = 293 К (20 ^{0}С) $T_{Н.}$ = 453 К (180 ^{0}С)

Количество тепла получаемое воздухом от сжатого воздуха:

$$Q_{ВОЗД} = V_В \cdot g_В \cdot \ell_В (T_В - T_В) = 0,08 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 10^3 \cdot (180-20) = 12,03 \text{ (кДж)}$$

$$T_{СР} = \frac{T_Н + T_{ВС}}{2} = \frac{(453+293)}{2} = 373 \text{ К (100 ℃)}$$

ь

$\rho_В = 1{,}29 \cdot \frac{273}{T_{ср}} = 1{,}29 \cdot \frac{273}{373} = 0{,}94$ (кг/м^3)

$V_{возд} = 5$ (м^3/мин) = 0,08 (м^3/с)

Количество тепла, которое может снять охлаждающий воздух:

$Q_{возд} = V_{О.В.} \cdot \rho_{О.В.} \cdot C_{О.В.}(t_К - t_Н) = 1{,}8 \cdot 1{,}19 \cdot 1 \cdot 10^3 \cdot (26-20) = 12{,}9$ (кДж)

$T_{СР} = \frac{(299+293)}{2} = 296$ К (23 ℃)

$\rho_{О.В.} = 1{,}29 \cdot \frac{273}{296} = 1{,}19$ (кг/м^3)

$C_{О.В} = 1 \cdot 10^3$ (кДж/кг℃)

$V_{О.В.} = 1{,}8$ (м^3/с) – производительность охлаждающего вентилятора.

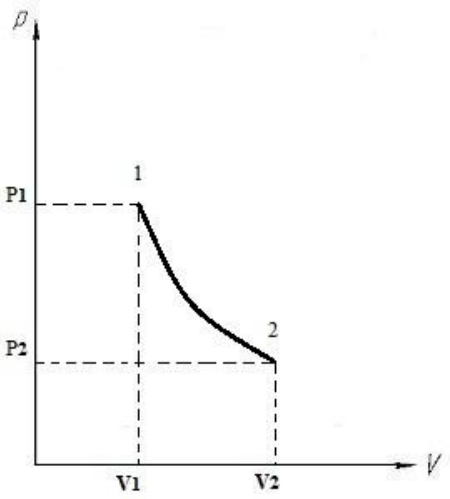
Принимаю $T_{К\ О.В.} = 26^0$С (299 К)

По условию должно быть:

$Q_{возд} < Q_{О.В.}$

Так как 12,03 <12,9, то выделившееся тепло будет снято охлаждающим воздухом.

Изотермический цикл.



При изотермическом цикле, процесс протекает при постоянной температуре, t= const/ Работа сжатия компрессора в этом случае будет равно:

$$l = RTln\frac{v_1}{v_2} = P_1V_1 \cdot ln\frac{P_1}{P_2}$$ Объемный КПД

$$\lambda = \frac{Q_{вс}}{V_н}$$ [3,с224], где

$Q_{ВС}$ - объем газа всасываемый за один ход поршня.

$\lambda_0 = 1\text{-}c[(P_2/P_1)^{1/R}\text{-}1]$ [3,с225]

с-отношение объема мертвого пространства к объему описываемым поршнем.

$$V_{ВР} = \frac{\pi \cdot D^2 n}{4} \cdot (\delta_1 + \delta_1) = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}2^2}{4} \cdot (0{,}0025 + 0{,}0021) = 0{,}00014\ (м^3)$$

Dn – диаметр поршня, (м);

δ_1 и δ_1 – мертвое пространство, (м);

$$V_п = \frac{\pi \cdot Dn^2}{4} \cdot \delta = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}2^2}{4} \cdot 0{,}075 = 0{,}0024\ (м^2)$$

S – ход поршня, (мм)

$$C = \frac{V_{вр.}}{V_{порш.}} = \frac{0{,}00014}{0{,}0024} = 0{,}06$$

$\lambda_0 = 1 - 0{,}06\ [(0{,}294/0{,}1)^{1{,}4\text{-}1/1{,}4} - 1] = 0{,}98$

коэффициент подачи, учитывает все потери производительности

$\lambda = \lambda_0 (1{,}01 – 0{,}02 \cdot \varepsilon) P_1$

$\lambda = 0{,}98 (1{,}01 – 0{,}02 \cdot 2{,}94) = 0{,}932$

Работа компрессора на 1кг воздуха для изотермического сжатия [2,с66]

$$L_{из} = P_{вс} \cdot V_{возд} \cdot \ell_n \frac{P_н}{P_{вс}} = 0{,}1 \cdot 0{,}8 \cdot \ell_n(0{,}294/0{,}1) = 0{,}009 \text{ (Дж/м}^3\text{)}$$

Работа компрессора на 1кг воздуха для адиабатического сжатия [2,с66]

$$l_{ад} = P_{вс} \cdot V_{возд} [(\frac{P_н}{P_{вс}})^{(R-1)/R} – 1] = 0{,}1 \cdot 0{,}08 \cdot [(\frac{0{,}294}{0{,}1})^{(1.4 - 1)/1.4} – 1] = 0{,}003 \text{ (Дж/м}^3\text{)}$$

Чем меньше поршневая сила, тем легче компактнее механизм движения, меньше стоимости и выше $\eta_{мех.}$. Величина поршневой силы от давления груза поршень переменна по ходу поршня. Она достигает максимума в начале нагнетания.

Минимальная поршневая сила компрессора

$$\prod\infty = \frac{P_{вс} \cdot V_{вс}}{2 \cdot S} \cdot L_n \varepsilon$$

$V_{вс}$ –объем газа, поступающего в компрессор за оборот вала.

$$V_{вс} = \frac{n (Vn – V_{вр})}{\lambda_0} = \frac{24{,}3 (0{,}0024 – 0{,}00014)}{0{,}98} = 0{,}06 \text{ (м}^3\text{/с)}$$

$$\prod\infty = \frac{0{,}1 \cdot 0{,}06}{2 \cdot 0{,}075} – \ln 2{,}94 = 0{,}43 \cdot 10^5 \text{ (Н)}$$

По графику [2; с76, рис 3 – 6] определяем отношение поршневой силы. $\prod_к \prod\infty$ в зависимости от конечного давления.

$\frac{П}{П_{\infty}}$=2,1⇒ П = 2,1 ·0,42 ·10^5 = 88200 (Н) =0,0882 (мН).

2 Механический расчет деталей.

Расчетные зависимости и величины напряжений:

Цилиндры.

Толщину стенки литых чугунных цилиндров, компрессоров средней производительности определяют по эмпирическим формулам [2. с. 317]

$$s = \frac{D \cdot P}{2[\sigma]_p} + 0{,}005 = \frac{0{,}2 \cdot 0{,}294}{2 \cdot 15} + 0{,}005 = 0{,}007\ мм$$

S – толщина стенки цилиндров компрессора;

D – внутренний диаметр цилиндра;

P_1=$P_Н$ – давление нагнетания, (мН/$м^2$);

$[\sigma]_р$ = 15÷18 (мН/$м^2$) – допускаемое напряжение для чугуна.

Шпильки крепления.

Шпильки крепления крышек цилиндров рассчитывают на силу Р (н).

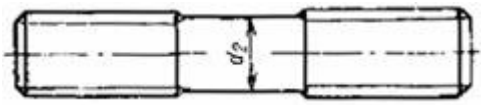


Рис. 10 Шпилька.

$$P = \frac{\pi \cdot D^2 ср}{4} \cdot P_1$$

$$P = \frac{3,14 \cdot 0,217^2}{4} \cdot 0,294 \cdot 10^6 = 10,87 \cdot 10^3 \text{ (Н)}$$

$D_{ср.}$ = 0,270 м – средний диаметр уплотнения(м).

P_1 – давление нагнетания.

Величину условного напряжения δ_0 (мм/м²)в шпильках определяется по формуле:

$$\sigma_0 = \frac{P}{10^6 \cdot z \cdot f_1} = \frac{10,87 \cdot 10^3}{10^6 \cdot 6 \cdot 44,2 \cdot 10^{-4}} = 41\ (H)$$

z – число шпилек

f_1– площадь сечения шпильки = 2.2

$$f_1 = \frac{\pi \cdot d_{вн}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 7,5^2}{4} = 44,2\ (\text{мм}^2) = 44,2 \cdot 10^{-6}\ (\text{м}^2)$$

Ст. 35ХН δ_T = 1200

$[\delta_0] = (0.2 \div 0.25) \cdot \delta_T$

$[\delta_0]$ = 240 ÷ 300 (мПа)

$\delta_0 = 226 < [\delta_0]$

условие выполняется.

Коэффициент затяга k = 2,5 ÷ 3

Сила предварительной затяжки

$P_{зат.} = (2,5 \div 3) \cdot P = 2,8 \cdot 10,87 \cdot 10^3 = 30,4 \cdot 10^3$ (Н)

Напряжение затяжки:

$\delta_{зат.} = (0,5 \div 0,75)\ \delta_T$

$\delta_{зат.} = 0,6 \cdot 1,65 = 0,99$ (мПа)

δ_T – 1,65 мПа – предел текучести материала шпилек.

Число шпилек z, выбирают из условия плотности соединения, причем шаг t по окружности их распределения находим в зависимости от уплотняемого давления:

При $P \leq 1,0$ (мН/м^2), $t = (6 \div 4)$

$T = 5 \cdot 12 = 60$ (мм).

Расчет прокладки:

Прокладку проверяют на смятие при затяге и на плотность при давлении газа.

Необходимость смятия прокладки при затяге ограничивает ее ширину b (м) условием:

$$b \leq \frac{Pзат.}{\pi \bullet Dср. \bullet g\ см}$$

$q_{см.}$– удельное давление смятия прокладки, $q_{см.} = 6$ (мН/м^2) – для паронита; при $D_{ср} = 200 \div 400$ b = 7 ÷ 8 мм [2, с 325,таб. 7 1]

После приложения давления газа сила, действующая на прокладку, уменьшается, но не более чем до $P^{/} = (k - 0,8) = 2,8 - 0,8 = 2$, где k – коэффициент затяжки.

При этом остаточное давление на прокладку:

$q_{ост.} \geq \frac{(K-0.8)\frac{Dcp}{4} \bullet P}{\Pi \bullet Dcp. \bullet b} = \frac{(K-0.8) \bullet Dcp. \bullet P_1}{4 \bullet b} = \frac{(2{,}8-0{,}8)\cdot 0{,}217 \cdot 0{,}294 \cdot 10^6}{4 \cdot 0{,}007} = 4{,}6 \cdot 10^6\ (H) = = 4{,}6 (мН)$

Плотность соединения сохраняется при соблюдении условия:

$q_{ост.} \geq m * P$,

4,6(мН) > 1,5·0,294(мН)

4,6(мН) > 0,441(мН) – условие выполнено.

Расчет фланцевого соединения

$$d_{тр} = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot \omega}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0{,}08}{3{,}14 \cdot 40}} = 0{,}05\ (м) = 50\ (мм)$$

По [4, с 550] выбираем плоский фланец с $D_у$=65 мм; $D_{ор}$ = 160 мм; $D_б$ = 130 мм; D_1 = 110 мм; d_v = М12; z = 4; n = 13 мм; $P_у$ = 0,6 мПа. ГОСТ 1255-67

Материал фланца: Сталь ст20 ГОСТ 1050-80

Материал болта: Сталь ст3 ГОСТ 380-94

определяем осевую нагрузку на болты и из двух значений выбираем большее:

$$\begin{cases} Рб_1 = \xi(\alpha \cdot Q_д + R_н) \\ Рб_2 = \pi D_{ср} b_0 g \end{cases}$$

ξ – коэффициент, принимается как меньшее из значений

$$\xi = \frac{[\sigma]_{ср}^{20}}{[\sigma]_{ср}^{t}};\ \xi = \frac{[\sigma]_{б}^{20}}{[\sigma]_{б}^{t}};$$

$[\sigma]_{ср}$ и $[\sigma]_{б}$ – нормативные допускаемые напряжения, для конструктивного материала фланца и болта выбирается в зависимости от температуры, (мПа).

$$\xi = \frac{[\sigma]_{ср}^{20}}{[\sigma]_{ср}^{180}} = \frac{147}{137{,}8} = 1{,}07;\ \xi = \frac{[\sigma]_{б}^{20}}{[\sigma]_{б}^{180}} = \frac{140}{129} = 1{,}09.$$

Принимаем $\xi = 1{,}07$, т.к. он наименьший.

$Q_D = 0{,}785 \cdot P_y \cdot D_{ср} = 0{,}785 \cdot 0{,}294 \cdot 0{,}079 = 0{,}018$

Q_D – равнодействующая внутреннего давления;

$D_{ср}$ – средний диаметр уплотнения;

$D_{ср} = D_y + b = 0{,}065 + 0{,}014 = 0{,}079$ (м)

D_y – условный диаметр фланца;

b – ширина прокладки.

$R_п \leq \pi \cdot D_{ср} \cdot P_y \cdot m \cdot b_0 = 3{,}14 \cdot 0{,}079 \cdot 0{,}294 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}007 = 0{,}26 \cdot 10^{-3}$ (мН)

$R_п$ – реакция прокладки

m – прокладочный коэффициент (резина мягкая m = 0,5; g = 2 (мПа) [7, с 62 табл. 8])

$b_0 = 0{,}5 \cdot b = 0{,}5 \cdot 0{,}014 = 0{,}007$ (м)

b =12÷15 при D≤1000 мм , принимаем b = 14 (мм)

$$\begin{cases} Рб_1 = 1{,}07(1{,}3 \cdot 0{,}018 \cdot 0{,}26 \cdot 10^{-3}) = 0{,}025\ (мН) \\ Рб_2 = 3{,}14 \cdot 0{,}007 \cdot 0{,}079 \cdot 2 = 0{,}003\ (мН) \end{cases};$$

Таб. 3

ь

Тип фланца	P_y мПа	D_y мм	α
Плоские	До 0,6	$\frac{\leq 1200}{> 1200}$	$\frac{1,3}{1,1}$
	$1 < P_y < 1,6$	$\frac{\leq 1000}{> 1000}$	$\frac{1,5}{1,35}$
Приварные в стык	До 0,6	$\frac{\leq 1000}{> 1000}$	$\frac{1,1}{1,25}$
	$1 < P_y < 1,6$	$\frac{\leq 1500}{> 1500}$	$\frac{1,1}{1,2}$
	2,5 4,0 6,4÷10	≤ 2000	$\frac{1,2}{1,25}$

Осевую нагрузку на болты принимаем $Рб_1$ = 0,025 (мН), т.к. он наибольший.

Проверка работы болтов из условия прочности на растяжении $[\sigma]_р$.

$$y_P = \frac{P\,б_1}{n\,f\,б} = \frac{0{,}025}{4 \cdot 71{,}7 \cdot 10^{-6}} = 87{,}1\ (мПа)$$

n – число зубьев (n = 4)

$f_б$ – площадь поперечного сечения болта по внутреннему диаметру трубы

$$f_б = \frac{p d_{вн}^2}{4} = \frac{3{,}14 \cdot 9{,}56^2}{4} = 71{,}7\ (мм^2) = 71{,}7 \cdot 10^{-6}\ (м^2)$$

$d_{вн}$ = 12 – 1,22 · t = 12 – 1,22· 2 = 9,56 (мм)

t = 2÷4 – принимаем t = 2

По условию должно быть :

$$y_P < [y]_б^t$$

ь

$y_P < [y]_б^{180}$

87,1(мПа) < 129(мПа) – условие выполнено.

Приведенный изгибающий момент принимают, как большее из двух значений вычесленных по формулам:

$$M_{01} = \frac{Рб_1(D_б - D_{ср})}{2} = \frac{0{,}025(0{,}12 - 0{,}079)}{2} = 63{,}8 \cdot 10^{-5}\ (мН \cdot м)$$

$$M_{02} = 0{,}5\left[Рб_2(D_б - D_{ср}) + Q_D(D_{ср} - D - S_э)\right]\frac{[y]_б^{20}}{[y]_б^{180}} =$$

$$= 0{,}5[0{,}003 \cdot (0{,}13 - 0{,}079) + 0{,}018\,(0{,}079 - 0{,}005 - 4{,}29)] * * \frac{147}{137{,}8}$$

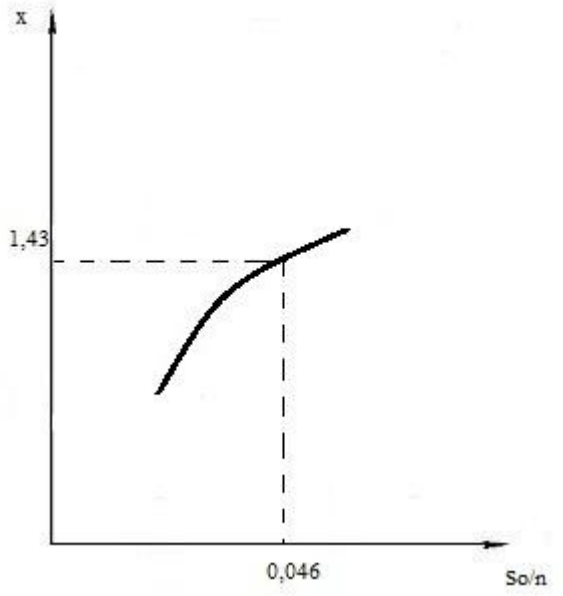
$$= 17{,}5 \cdot 10^{-5}\ (мН \cdot м)$$

$S_э = x \cdot S_0 = 1{,}43 \cdot 3 = 4{,}29$(мм) – эквивалентная толщина втулки.

$$\frac{S0}{D} = \frac{3}{65} = 0{,}046$$

$S_1 = 2 \cdot S_0 = 2 \cdot 3 = 6$

$$в = \frac{S_1}{S_0} = \frac{6}{3} = 2$$



Принимаем M_{01} = 63,8 $\cdot 10^{-5}$ (мН·м), т.к. оно наибольшее.

Проверка прочности прокладок:

$$g = \frac{Рб_1}{pP_{ср}b_0} = \frac{0.025}{3.14 \cdot 0.079 \cdot 0.007} = 14{,}4\ (мПа)$$

По условию должно быть: $g < [g]$

$[g]$ – допустимое удельное давление мПа

14,4 (мПа) < 18 (мПа) – условие прочности прокладок выполнено.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключении, необходимо отметить, что насосы и компрессоры довольно широко распространены в любых отраслях и в наше время. Любой тип как компрессора, так и насоса имеет свою область применения, свои уникальные характеристики, что позволяет им оставаться востребованными и по сей день. Но прогресс не стоит на месте и необходимо разрабатывать все новые и более усовершенствованные установки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Воронин В.П., Танасов Е.Н. - Судовые вспомогательные механизмы [Текст]: Учебное пособие. — Одесса, 2010. — 266 с.

Гофлин А.П. , Судовые компрессорные машины [Текст]: Учебник для судостроит. специальностей вузов / А.П. Гофлин, В.Д. Шилов. - Ленинград: Судостроение, 1977. - 270 с.

Дейнего Ю.Г., Судовой моторист. Конспект лекций [Текст]: курс лекций - Севастополь : Кручинин Л. Ю., 2005. - 240 с.

Короткий И.А., Машины низкотемпературной техники [Текст]: Учебное пособие. Часть I /, –Кемеровский технологический институт пищевой промышленности - Кемерово, 2004. – с

ред. Фока А.А. -Судовой механик [Текст]: Справочник. ЧП «Феникс». 2010

Харин В.М., Декин Б.Г., Занько О.Н. Судовые вспомогательные механизмы и системы [Текст] Учебник для вузов. - М.: Транспорт, 1992. - 319 с.