

Введение

В учебном пособии, собраны основные сведения об устройстве и эксплуатации компрессорных установок, играющих значительную роль в технике и технологии, в различных отраслях народного хозяйства. Приведены схемы и технические характеристики поршневых компрессоров, а также рассмотрены вопросы:

технического обслуживания, основные неисправности и способы их устранения. Рассмотрены квалификационные требования к машинисту компрессорных установок.

Для успешной эксплуатации и ремонта компрессорных установок обслуживающий персонал должен знать требования Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением (ПБ 03-576-03), Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭЭП), Правил устройства электроустановок (ПУЭ), ГОСТов и других нормативных документов и справочных материалов с учетом опыта эксплуатации компрессорных установок на 01.01.06.

Учебное пособие предназначено для машинистов компрессорных установок, однако, может также использоваться в качестве справочного материала для другого персонала, обслуживающего компрессорные установки фреоновых и аммиачных холодильных машин

Квалификационные требования к машинисту компрессорных установок

Согласно Правилам устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением (ПБ 03-576-03), утвержденным постановлением Ростехнадзора (Госгортехнадзор) 11.06.03 №91, к самостоятельному обслуживанию компрессорных установок в качестве машиниста могут быть допущены лица не моложе 18 лет, признанные годными по состоянию здоровья и обученные по соответствующей программе в специальном учебном заведении.

Машинист компрессорных установок должен уметь обслуживать стационарные поршневые и турбокомпрессорные установки в соответствии с квалификационным разрядом и основными параметрами их работы (подачи, конечного давления сжимаемого газа).

Эти показатели приведены ниже (табл. 1).

МАШИНИСТ КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК

Таблица 1

Разряд	Подача, м ³ /мин			
	Неопасные газы		Опасные газы	
	До 1 МПа	Свыше 1МПа	До 1 МПа	Свыше 1МПа
2	До 5	-	-	-
3	5-100	До 5	До 5	-
4	100-500	5-100	5-100	До 5
5	500 - 1000	100-250	100-250	5-100
6	Свыше 1000	Свыше 250	Свыше 250	Свыше

Примечание: 1 МПа » 10 кгс/см².

Машинист компрессорной установки **должен выполнять следующий объем работ**, который определяет его квалификацию:

2-й разряд - осуществлять пуск, регулирование и останов компрессора, наблюдать за работой компрессоров и вспомогательного оборудования, смазывать и охлаждать трущиеся части механизмов компрессора, предупреждать и устранять неисправности в работе компрессора и контролировать работу его предохранительных устройств, обслуживать приводящие двигатели, заправлять систему маслом в расходные и аварийные баки и откачивать его из системы; участвовать в ремонте оборудования компрессорной станции под надзором более квалифицированного персонала.

3-й разряд - дополнительно - поддерживать требуемые параметры работы компрессоров и производить переключение отдельных аппаратов, выявлять и предупреждать отклонения от рабочих параметров компрессорной станции, вести отчетно-техническую документацию о работе компрессорной станции;

4-й разряд дополнительно - устанавливать и поддерживать важнейшие режимы работы компрессоров, поддерживать в исправном состоянии двигателя, компрессоры, приборы вспомогательного оборудования;

5-й разряд дополнительно - переключать и выводить в резерв или в ремонт оборудование компрессорной станции, регулировать технологический процесс, составлять дефектные ведомости на ремонт, ремонтировать компрессоры и двигатели внутреннего сгорания (ДВС).

6-й разряд дополнительно - обслуживать автоматизированные компрессорные станции, работающие на опасных газах с подачей более $100 \text{ м}^3/\text{мин}$ при давлении свыше 1 МПа.

Машинист компрессора 4 - 6-го разрядов участвует в ремонте оборудования компрессорной станции в качестве слесаря, квалификация которого на один разряд ниже разряда машиниста.

Чтобы качественно выполнять необходимый объем работы, машинист компрессорной установки **должен знать:**

2-й разряд - принцип действия поршневых компрессоров, турбокомпрессоров и двигателей, способы предупреждения и устранения неполадок в работе компрессоров и двигателей:

назначение и способы применения контрольно-измерительных приборов (КИП) и устройств автоматического управления; схемы трубопроводов компрессорной станции, рабочее давление по ступеням сжатия и соответствующую температуру воздуха; допускаемую температуру нагрева узлов обслуживаемых агрегатов, меры предупреждения и ликвидации перегрева; сорта и марки масел, применяемых для смазывания механизмов;

3-й разряд дополнительно - устройство поршневых компрессоров, турбокомпрессоров и электродвигателей, их технические характеристики и правила обслуживания; устройство простых и средней сложности КИП, устройств автоматического управления и арматуры; правила ведения отчетно-технической документации компрессорной станции; основы термодинамики и электротехники; свойства газов, проявляемые при работе компрессоров;

4-й разряд дополнительно - конструктивные особенности, устройство различных компрессоров, турбокомпрессоров, ДВС и турбин, электродвигателей, вспомогательных механизмов, сложных КИП, аппаратов и арматуры; схемы расположения автоматических устройств для регулирования работы и блокирования оборудования; схемы расположения стационарных трубопроводов, арматуры и резервуаров, основные технические характеристики обслуживаемых компрессоров; нормы расхода электроэнергии и эксплуатационных материалов при сжатии воздуха или газов;

5-й разряд дополнительно - кинематические схемы обслуживаемых машин и двигателей из числа перечисленных выше, их эксплуатационные характеристики; устройство компрессоров высокого давления, схемы технологических процессов производства продукта стан-

МАШИНИСТ КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК

ции; КПД компрессоров применяемых систем и конструкций;

6-й разряд дополнительно - кинематические схемы и конструкции турбокомпрессоров различных систем и типов, силового оборудования (электродвигателей, ДВС); эксплуатационные характеристики компрессоров и силовых установок к ним.

В зависимости от степени взрывоопасности, воспламенения и токсичности газы делят на **опасные** (кислород, который способствует воспламенению горючих веществ и в соединении с некоторыми газами создаёт взрывчатые смеси; водород, хлор, окись углерода, углеводородные, нитрозные, сернистые и другие газы) и **неопасные** (воздух, азот, гелий, диоксид углерода и др.).

Машинист, работающий с опасными газами, обязан знать особые правила техники безопасности, пожарной безопасности и меры оказания первой помощи.

Повышенные требования предъявляют к машинистам, выполняющим техническое обслуживание такой установки (во избежание утечек), а также к машинистам, допускаемым к обслуживанию компрессорных установок высокого и сверхвысокого давления.

1. Общие сведения о компрессорных установках

Компрессор служит для сжатия, повышения давления и перемещения (транспортирования) воздуха или газа.

Компрессор - основа компрессорной установки, в состав которой помимо него входят вспомогательные межступенчатые аппараты, привод, газовые трубопроводы и различные системы смазки, охлаждения и регулирования. Компрессоры нашли применение в различных отраслях промышленности.

Компрессоры классифицируют по назначению, принципу действия, конечному давлению, подаче, способу отвода теплоты, типу привода, виду установки.

По назначению компрессоры классифицируют в зависимости от вида производства, в котором их используют (общего назначения, химические, газоперекачивающие и др.), а также по непосредственному назначению (пускового воздуха, тормозного воздуха, перекачивающие).

По принципу действия компрессоры подразделяют на объемные и динамические. К первым относят *поршневые компрессоры* с возвратно-поступательным движением поршня, роторные (пластинчатые) с вращательным движением поршней вытеснительных, винтовые с роторами переменного шага и мембранные, в которых мембрана играет роль поршня. *Динамические компрессоры* (турбокомпрессоры) делят на центробежные с потоком газа, направленным радиально от центра к периферии, и осевые с потоком газа, движущимся в осевом направлении при вращении колеса с лопатками.

По конечному давлению различают компрессоры низкого давления, создающие давление газа 0,2 - 1,0 МПа (2-10 кгс/см²), среднего - 1 - 10 МПа (10-100 кгс/см²), высокого - 10 - 100 МПа (100 - 1000 кгс/см²), и сверхвысокого давления - свыше 100 МПа (1000 кгс/см²).

По подаче компрессоры делят на машины с малой (до 0,015 м³/с), средней (0,015 - 1,5 м³/с) и большой (свыше 1,5 м³/с) подачей, различной для каждого типа компрессора (объемного или динамического).

МАШИНИСТ КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК

По способу отвода теплоты компрессоры подразделяют на машины с охлаждением (воздушным или водяным) компрессора и нагнетаемого газа и *типу привода* - компрессоры с электродвигателем, паровой или газовой турбиной, ДВС; по виду установки - на стационарные (на фундаменте или специальных опорах) и передвижные (на шасси и раме).

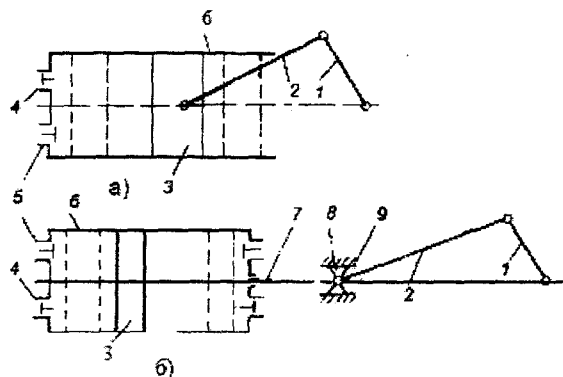


Рис. 1. Схемы поршневых компрессоров простого (а) и двойного (б) действия:

- 1 - коленчатый вал; 2 - шатун; 3 - поршень; 4, 5 - нагнетательный и всасывающий клапаны; 6 - цилиндр; 7 - шток; 8 - кресткопф; 9 - направляющая кресткопфа.

Принцип действия компрессоров. В поршневых компрессорах (рис.1) сжатие газа осуществляется в результате перемещения поршня 3, совершающего возвратно-поступательное движение в цилиндре под действием кривошипно-шатунного механизма. Различают компрессоры простого действия (рис. 1,а), в которых газ сжимается с одной стороны от поршня, и двойного (рис. 1,б), в которых сжатие происходит с обеих сторон от поршня.

Кроме того, в зависимости от устройства кривошипно-шатунного механизма компрессоры делят на бескрейцкопфные и крейцкопфные. Первые имеют поршни одностороннего действия (тронковые), вторые - преимущественно двойного действия.

Кривошипно-шатунный механизм бескрейцкопфного компрессора включает в себя поршневой палец, шатун 2, коленчатый вал 1, а крейцкопфного компрессора - шток 7 поршня, крейцкопф 8, палец крейцкопфа, коленчатый вал 1.

Крайние положения поршня в цилиндре называют «мертвыми» точками, пространство между крышкой цилиндра и торцом поршня - «мертвым» пространством.

При всасывании поршень 3, двигаясь из одной мертвой точки к другой, создает разрежение газа, оставшегося в мертвом пространстве цилиндра, в результате чего открывается клапан 5 и всасывается газ. При обратном движении поршня газ сжимается, давление возрастает и впускной клапан 5 закрывается. При давлении газа в цилиндре, превышающем давление за нагнетательным клапаном 4, последний открывается и начинается этап нагнетания газа, который длится до возвращения поршня 3 в начальное крайнее положение. Процесс повторяется с каждым оборотом коленчатого вала 1.

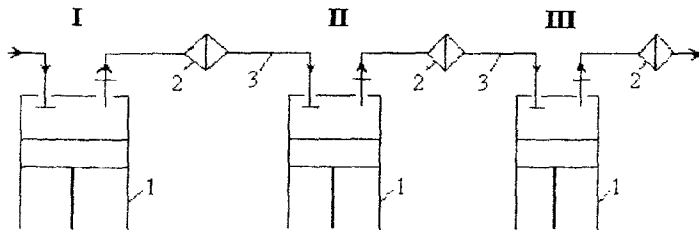


Рис. 2. Схема поршневого многоступенчатого компрессора:
1 - цилиндры ступеней сжатия I-III; 2 - промежуточные охладители;
3 - трубопроводы.

Компрессоры делят также по числу цилиндров и числу ступеней сжатия (рис. 2). Последовательное сжатие газа в нескольких ступенях (цилиндрах I) обусловлено необходимостью ограничить температуру сжимаемого газа, так как при высокой температуре в цилиндрической группе смазочные масла разлагаются, теряют эксплуатационные свойства, образуют нагар, наличие которого может привести к воспламенению и взрыву. Газ после сжатия в цилиндре ступени I с температурой нагнетания 150 - 200°C (в зависимости от свойств газа) поступает в

МАШИНИСТ КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК

межступенчатый охладитель 2, где охлаждается до температуры всасывания в цилиндр ступени II, и так далее до требуемого конечного давления. Отношение начального давления к конечному в одном цилиндре называют *степенью сжатия* (обычно от 1:2 до 1:4).

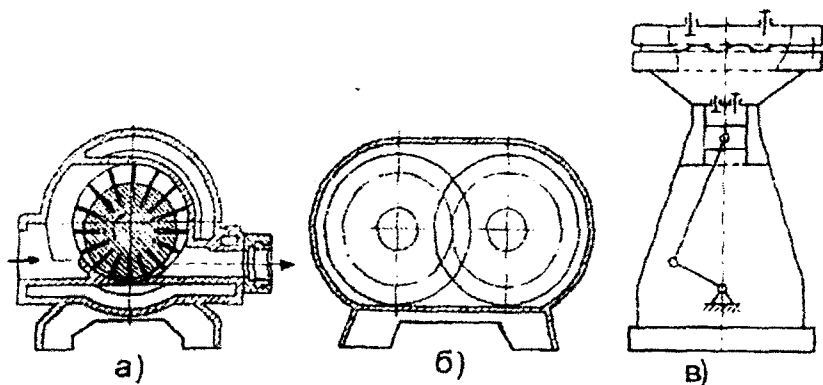


Рис. 3. Схемы объемных компрессоров:

а - пластинчатого; б - винтового; в - мембранного

Пластинчатые компрессоры (рис. 3,а) имеют цилиндрический корпус, внутри которого эксцентрично расположен ротор. В продольные пазы ротора вставлены с небольшим зазором пластины, которые при его вращении под действием центробежной силы выходят из пазов и прижимаются к поверхности цилиндра, разделяя внутреннее пространство на несколько камер разного объема.

Когда при вращении ротора камеры соединяются с всасывающим патрубком цилиндра, происходит всасывание газа на полный объем камеры по мере выхода пластины из паза. При дальнейшем вращении ротора камера разобщается с всасывающим патрубком, объем её уменьшается, газ сжимается, давление возрастает. При прохождении пластинной кромки нагнетательного патрубка начинается процесс нагнетания, который продолжается до тех пор, пока пластина полностью не войдет в паз и объем камеры не станет минимальным или равным нулю. Цилиндр с торцов закрывают крышками. Корпус имеет рубашку для водяного охлаждения.

Винтовые компрессоры (рис. 3,б) состоят из двух роторов чер-

вячного типа. Ведущий ротор имеет выпуклые боковые поверхности, ведомый - вогнутые. Рабочие камеры компрессора представляют собой полость, образованную винтовой поверхностью ротора и стенками корпуса.

Роторы не соприкасаются и вращаются в разные стороны. Вращение от ведущего ротора к ведомому передается с помощью синхронизирующих зубчатых колес. Зазор между зубьями колес меньше зазора между роторами, благодаря чему исключается их контакт. При всасывании объем рабочей камеры максимальный; при этом выступы роторов удаляются от впадин и в момент полного наполнения камера разобщается с всасывающим патрубком компрессора. При нагнетании объем рабочей камеры вследствие вращения роторов уменьшается и газ выходит в нагнетательный патрубок, с которым камера сообщается по мере передвижения газа и его сжатия между витками роторов и стенками цилиндра и крышек. Равномерность потока газа достигается благодаря большой частоте вращения роторов и одновременной работе нескольких камер.

Мембранные компрессоры (рис. 3,в) осуществляют сжатие газа в результате колебаний круглой гибкой мембраны, зажатой по периметру между цилиндром и крышкой. Колебания мембраны создаются приводом от кривошипно-шатунного механизма или гидроприводом. Возвратно-поступательное движение в первом случае воздуха, а во втором - жидкости вызывает прогибы мембран. При этом происходят всасывание и нагнетание газа в полости над верхней частью мембраны. В крышке размещены всасывающий и нагнетательный клапаны. В мембранных компрессорах может происходить одно- и многоступенчатое сжатия. Мембрана работает без смазывания, поэтому компрессор применяют для особо чистых газов.

Конструктивные особенности поршневых компрессоров

Поршневые компрессоры подразделяют по расположению цилиндров на вертикальные, U-образные, прямоугольные и горизонтальные оппозитные (рис. 4).

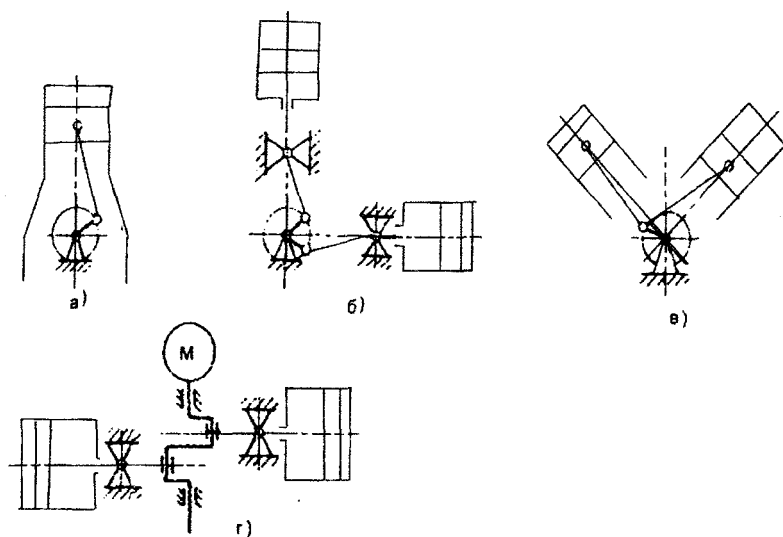


Рис. 4. Схемы поршневых компрессоров:

- а - вертикального;
- б - прямоугольного; в - У-образного;
- г - горизонтального оппозитного

Совокупность одинаковых сборочных единиц и деталей в однотипных и равных по размерам компрессорах, в том числе и различных по назначению, составляют **базу компрессора**. База включает в себя станину (раму с направляющими) в сборе с коленчатым валом, шатунами, крейцкопфами и др.

Станина служит для размещения кривошипно-шатунного механизма и крепления цилиндров (от их количества зависит подача и давление газа). Цилиндры для компрессоров с малой подачей выполняют с воздушным, со средней и большой подачей с водяным охлаждением.

В крейцкопфных компрессорах низкого давления используют дис-

ковые (двусторонние) поршни алюминиевые или сварные из стали. Для среднего давления применяют поршни литые из чугуна (полые или сплошные) и дисковые.

Поршневые кольца предназначены для устранения зазора между цилиндром и поршнем и отвода от него теплоты к стенкам цилиндра. Они имеют прямоугольное или квадратное сечение и в месте разреза замок (прямой, косой или фасонный). При низком и среднем давлении газа материал колец - чугун. Для работы при высоком давлении кольца изготавливают из стали, бронзы, чугуна с баббитовой заливкой канавок, текстолита, капрона, кроме того, их выполняют комбинированными (например, из чугуна и бронзы). Для работы без смазывания цилиндра применяют кольца на фторопластовой основе. В бескрейцкопфных компрессорах с тронковыми поршнями при смазывании разбрызгиванием нижнее кольцо имеет заостренную нижнюю кромку для съема лишнего масла со стенок цилиндра и отвода его через отверстие в канавке поршня обратно в раму.

Сальниковые уплотнения - самоуплотняющиеся и с принудительным уплотнением (мягкие или полумягкие). Самосмазывающий сальник, применяемый для работы при среднем и высоком давлениях, состоит из двух плоских колец, одно из которых разрезано на шесть, а другое на три части (их называют соответственно уплотняющим и замыкающим). Кольца притёрты торцами друг к другу и помещены в камеру. Число камер определяется давлением в цилиндре. Разрезанные кольца стягивают браслетной пружиной.

Мягкие уплотнения применяют для работы при низком давлении. Материл - пресованная мелко раздробленная баббитовая стружка с различными добавками, форма - цилиндрические и конические кольца, допускающие подтяжку.

Клапаны впускные и выпускные самодействующие прямоточные, кольцевые, полосовые, пластинчатые и другие в зависимости от давления.

В У-образных компрессорах применяют бескрейцкопфный кривошипно-шатунный механизм. Коленчатый вал из ковкого чугуна устанавливают на подшипниках качения. С каждым кривошипом соединяют по два шатуна. В оппозитных компрессорах кривошипы, имеющие общую щёку, развёрнуты на 180° . При числе рядов более двух каждая пара кривошипов смещена одна относительно другой на 90° . Движение поршней встречные.

МАШИНИСТ КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК

В качестве привода поршневых компрессоров используют синхронные электродвигатели. Соединение с коленчатым валом с помощью муфты. В небольших компрессорах электродвигатели асинхронные, статор фланцем прикреплен к корпусу без дополнительной опоры. В оппозитных компрессорах с базами М2,5; М4 и М10 ротор электродвигателя закреплен на консольном конце коленчатого вала.

Состав компрессорной установки.

В состав стационарной воздушной установки со средней и большой производительностью (подачей) входят камера фильтров, дроссельное устройство, регулирующее расход всасываемого воздуха, компрессор с охладителем после каждой ступени сжатия, запорная задвижка с обратным клапаном и воздухоотделитель - ресивер. Наряду с охладителем или совмещено с ним устанавливают масляеотделитель. В стационарных установках с малой подачей и в передвижных установках оборудование соединяют в один блок (обычно на компрессоре как на базе).

2. Основные технические характеристики компрессоров

К основным показателям компрессора относятся - тип, производительность (подача), давление нагнетания (для дожимных — давление всасывания и нагнетания), частота вращения вала, мощность, масса. Эти показатели частично указывают в маркировке.

Поршневые компрессоры выпускают трёх типов: бескрейцкопфные с У-образным расположением цилиндров (маркируют ВУ и ГУ), крейцкопфные с прямоугольным расположением цилиндров (ВП и ГП) и крейцкопфные с горизонтальным - оппозитным расположением цилиндров по обе стороны рамы - (ВМ и ГМ).

Компрессоры воздушные поршневые стационарные общего назначения (крейцкопфные) с избыточным конечным давлением до 0,78 МПа (8 кгс/см²) и бескрейцкопфные с избыточным конечным давлением до 0,78; 1,18 МПа (8,0; 12,0 кгс/см²) выпускают по ГОСТ 23680-79, остальные компрессоры по техническим условиям (ТУ) заводоизготовителей. В маркировке всех компрессоров буквы В и Г указывают назначение компрессора (воздушный или газовый). Следующие буквы УП или М определяют расположение цилиндров (У - У-образные, П - прямоугольное и М - горизонтальное оппозитное).

Например, марка 4ГМ16-12,5/17-28М1 - компрессор четырёхрядный, газовый, оппозитный, номинальная поршневая сила (номер базы) 16 те (160 кН), подача 12,5 м³/мин, начальное и конечное абсолютное давление 17 и 28 кгс/см² (1,7 и 2,8 МПа), М1 - модернизация первая; марка 2ГП-2/220М1 - поршневая сила 2 те (20 кН), газовый, прямоугольный, подача 2 м³/мин, избыточное давление 220 кгс/см² (22 МПа), модификация первая.

В прямоугольных компрессорах старых выпусков маркировке предшествовали цифры 20, 30, означавшие номер модернизации, например 202ВП, 305ВП и т.п.

У-образные компрессоры (У) поставляют комплектно в блоке с электродвигателем, соединенным с коленчатым валом упругой муфтой (рис. 5). Эти компрессоры бескрейцкопфные с тронковыми поршнями; смазывание разбрызгиванием масла из рамы. Разборке при монтаже не подлежат.

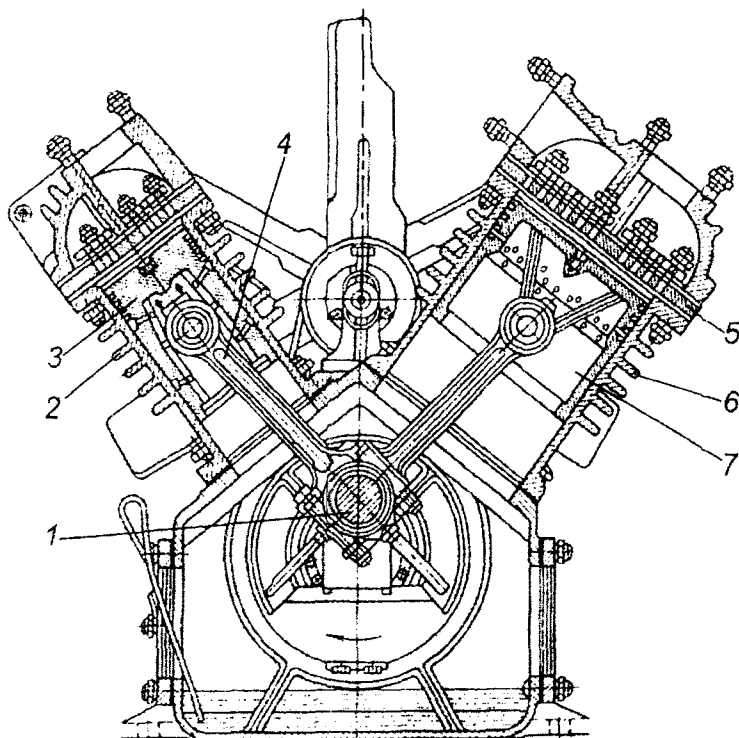


Рис. 5 Угловой У-образный поршневой компрессор:

- 1 - коленчатый вал; 2, 3 - цилиндр и поршень ступени II; 4 - шатун;
 5 - всасывающий и нагнетательный клапаны;
 6, 7 - цилиндр и поршень ступени I

Прямоугольные компрессоры (II) с водяным охлаждением поставляют в сборе с присоединенным электродвигателем. Эти компрессоры крейцкопфные двухрядные. Число цилиндров определяется конечным давлением (рис. 6). Промежуточный охладитель при двухцилиндровом исполнении заблокирован с компрессором, при многоцилиндровом обособлен. Раздельно поставляют концевой охладитель и фильтр. Смазывание цилиндров под давлением (прессовое), механизма движения - циркуляционное с забором.

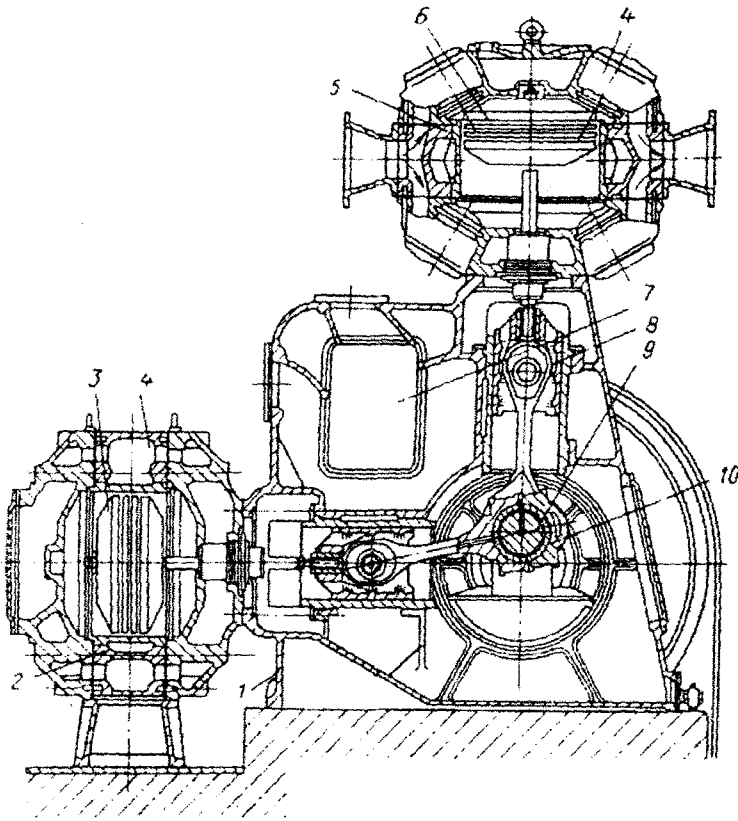


Рис. 6. Прямоугольный поршневой компрессор:

- 1 - рама; 2, 3 - цилиндр и поршень ступени II; 4 - клапан;
- 5, 6 - цилиндр и поршень ступени I; 7 - промежуточный охладитель;
- 8 - кресткофф; 9 - коленчатый вал; 10 - шатун масла из рамы.

МАШИНИСТ КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК

Оппозитные компрессоры (М) в зависимости от назначения выпускают в двух-, четырёх- и шестиразрядном исполнении. До базы М10 включительно они поступают в сборе (без электродвигателя), базы М16, М25 - сборочными единицами. Компрессоры крейцкопфные со встречнодвижущимися поршнями. Охлаждение водяное, смазывание механизма движения циркуляционное, цилиндра и уплотнений штока (рис. 7) - под давлением. При взрывоопасных газах работают без смазочного материала с фторопластовыми поршневыми кольцами и уплотнениями. Промежуточные и концевые охладители и буферные ёмкости поступают отдельно (кроме баз М2,5; М4; М10). Ротор электродвигателя для компрессоров базы М10 включительно устанавливают на консоли коленчатого вала, для более крупных машин - на приставном валу и с опорой на выносной подшипник.

Технические характеристики других типов приводят в паспортах и инструкциях по эксплуатации. Частично основные показатели компрессоров приведены в приложении.

3. Вспомогательное оборудование

К вспомогательному оборудованию относятся: фильтры на всасывании, межступенчатые и концевые охладители, сборники воздуха или газа, буферные ёмкости для гашения пульсаций, масло-влажнотделители, устройства (системы) для смазывания механизма движения, отделители, устройства (системы) для смазывания механизма движения и цилиндрической группы с системой охлаждения, а также трубопроводы с запорной, отсекающей и предохранительной арматурой.

Фильтры для очистки воздуха и газа от механических примесей и влаги размещают на линии всасывания. В крупно- и среднегабаритных установках применяют сетчатые самосмазывающиеся фильтры. Их устанавливают в отдельной железобетонной или кирпичной отштукатуренной камере. В небольших установках используют сменные фильтрующие кассеты сетевого типа, размещенные в металлической камере непосредственно на всасывающей линии.

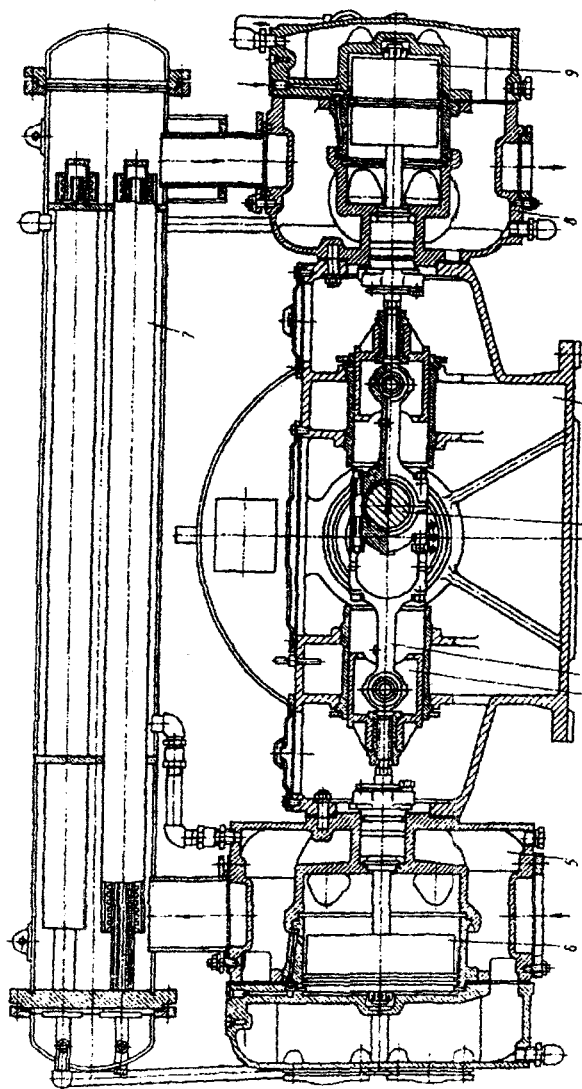


Рис. 7. Горизонтальный оппозитный поршневой компрессор:

- 1 - рама; 2 - коленчатый вал; 3 - шатуны; 5, 6 - цилиндр и поршень ступени I;
- 7 - промежуточный охладитель; 8, 9 - цилиндр и поршень ступени II.

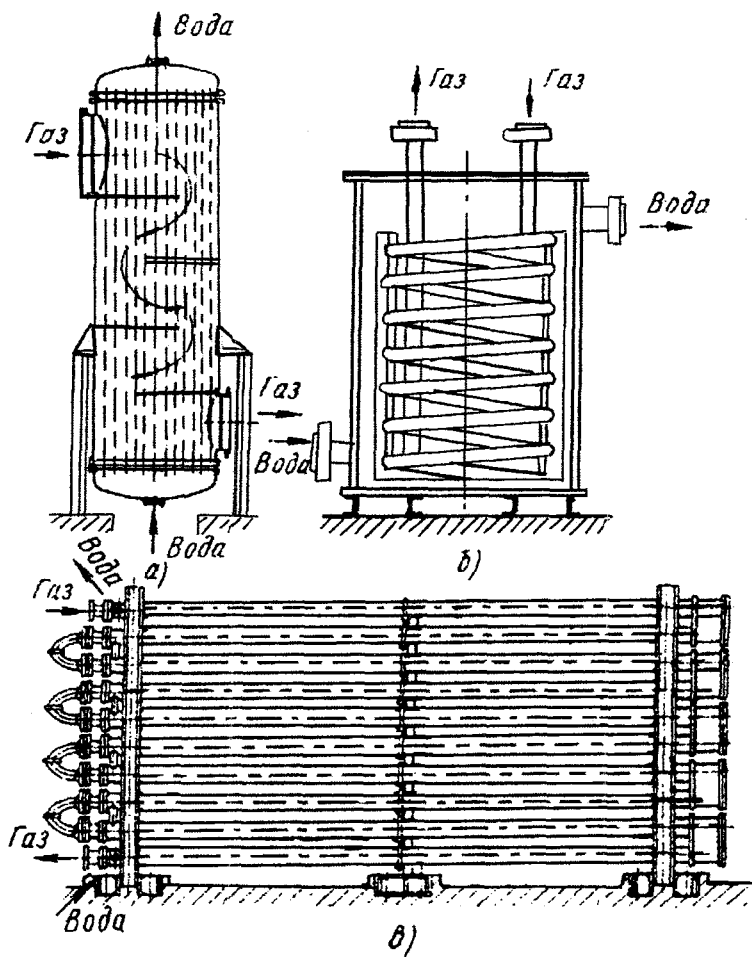


Рис. 8. Межступенчатые охладители поршневых компрессоров:
а - кожухотрубный; б - змеевиковый погружной;
в - типа труба в трубе

Сетчатый фильтр представляет собой замкнутое сетчатое полотно, натянутое на два вала - нижний приводящий и верхний натяжной. Каркас - корпус фильтра вставлен в проём перегородки. Привод нижнего вала от электродвигателя через редуктор. Вал и натянутая сетка погружены в желоб, наполненный висциновым маслом (смесь из 60% индустриального масла и 40% дизельного топлива). Каркас фильтра должен располагаться на расстоянии не менее 5 см от уровня пола.

Для тонкой очистки и улавливания межой пыли (до 1,5 - 2,0 мкм) применяют металлические кассетные масляные фильтры с сеткой, в которых размер стороны квадратного отверстия составляет в последовательности расположения сеток 2,5; 1,2 и 0,6 мм.

Гидравлическое сопротивление при прохождении газа или воздуха через фильтр не должно превышать 200 - 250 МПа (20 - 25 мм вод. ст.). Камеру фильтра снабжают герметически закрывающейся дверью и запорным устройством. Для забора воздуха камера должна иметь всасывающий трубопровод или проём, перекрываемый металлическими жалюзи.

Охладители служат для промежуточного (между ступенями сжатия) и конечного (на выходе из компрессора) охлаждения газа или воздуха до установленной температуры. Охлаждение преимущественно за счёт циркуляции воды, реже воздушное. В поршневых компрессорных установках на низких ступенях сжатия до 3,5 МПа (35 кгс/см²) применяют кожухотрубчатые охладители (рис. 8а). По трубному пучку, закрепленному между крышками корпуса, циркулирует вода; в корпус подаётся охлаждаемый газ. Для увеличения площади поверхности охлаждения трубы, по которым циркулирует вода, имеют оребрение из алюминиевой ленты. Для давлений более 3,5 МПа (35 кгс/см²) используют змеевиковые погружные охладители (рис. 8 б) или типа «труба в трубе» (рис. 8 в).

Среднегабаритные компрессоры имеют охладители, собранные в блоке с машиной. В оппозитных компрессорах охладители располагают непосредственно между цилиндрами соседних ступеней. В турбокомпрессорных установках также используют промежуточные (рис. 9 а) и концевые (рис. 9 б) охладители трубчатого типа, конструктивно приспособленные к размещению под фундаментом машины на первом этаже машинного зала. В охладителях всех типов направление движения газа и охлаждающей воды встречное. Охладители масла также ко-

жухотрубчатые, но с более развитыми поверхностями охлаждения благодаря наличию перегородок в корпусе, изменяющих направление потока масла.

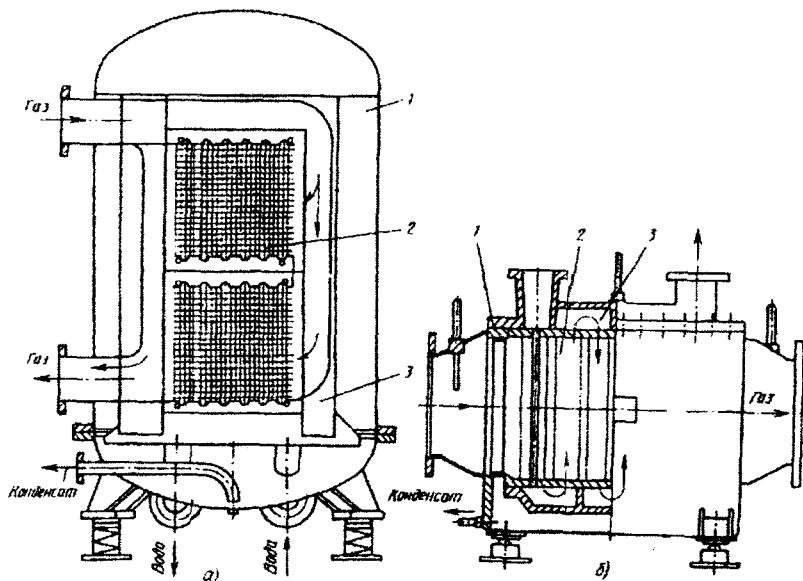


Рис. 9. Промежуточный (а) и концевой (б) охладители турбокомпрессоров:

1 - корпус; 2 - трубный пучок; 3 - водяная камера

Масловлагоотделители служат для очистки газа от масла и влаги. Отделение происходит при резком изменении направления потока газа вследствие разной плотности газа и содержащихся в нём капель масла и влаги. Направление потока газа изменяют установкой в цилиндрическом корпусе дополнительных перегородок (рис. 10 а).

Для ступеней I, II, III поршневых компрессоров Масловлагодотделители совмещают в одном корпусе с охладителем (рис. 10 б). Для ступеней IV и более высоких их выполняют в виде кованых аппаратов баллонного типа. Масловлагодотделители в нижней части имеют дренажную систему для отвода конденсата и масла.

Газосборник помимо прямого назначения - сбора газа и воздуха - способствует, как буферная ёмкость, уменьшению пульсации в сети при работе поршневых машин и удалению из газа остатков масла и влаги, пропущенных масловлагодотделителями. Такие газосборники (рис. 11) нормализованы, их вместимость 2-20 м³ и более. Они должны соответствовать подаче компрессоров, с ними соединенных.

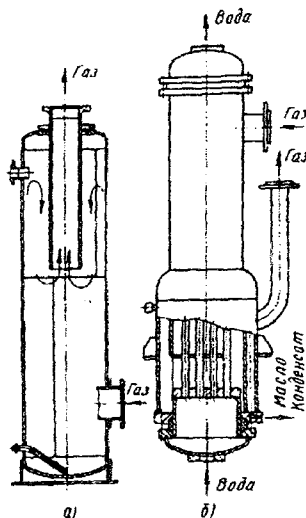


Рис. 10. Масловлагодотделители:
а - с перегородками;
б - комбинированный с охладителем

Масловлагодотделители, газосборники и охладители при эксплуатации должны удовлетворять требованиям «Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением». Каждый газосборник должен комплектоваться манометром, запорным вентилем, предохранительным клапаном, спускным приспособлением, конденсатоотводчиком и иметь люки для очистки внутренней поверхности.

Буферные ёмкости, предназначенные для уменьшения пульсации газа, выполняют в виде пустотелых сосудов, устанавливаемых на всасывающей (у быстроходных поршневых компрессоров) и на нагнетательной линиях. Буферные ёмкости иногда совмещают с охладителями, увеличивая размер их входных и выходных газовых полостей. В нижней части каждой ёмкости предусмотрен штуцер для продувки скопившегося конденсата и масла.

Бак масляных продувок - емкость, в которую при продувке охладителей, маслолагоотделителей и буферных ёмкостей сбрасываются накопившиеся конденсат и масло. Бак связан трубопроводами через коллектор масляных продувок с каждым из аппаратов. При сжатии газа соединен с всасывающей линией ступени 1, а при сжатии воздуха соединен с атмосферой.

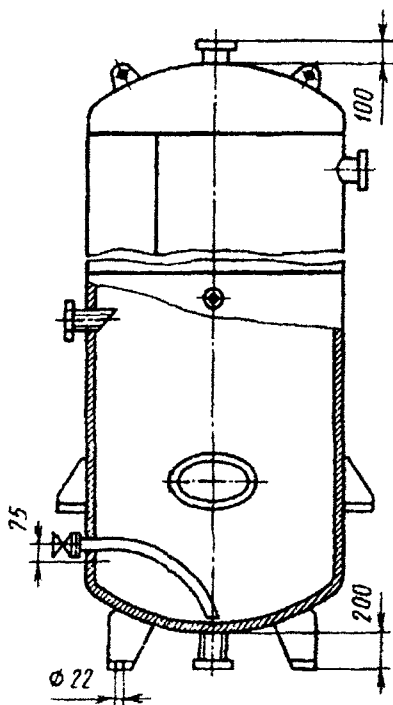


Рис. 11. Газосборник

На случай повышения давления бак снабжен предохранительным клапаном и манометром.

Трубопроводы и арматура всасывающих, нагнетательных, магистральных линий и коллекторов по сортаменту и размерам труб, типоразмерам и назначению арматуры должны соответствовать рабочей среде, её давлению и температуре. Различают *основные* технологические трубопроводы, по которым газ транспортируется от фильтра (или фильтра - камеры) до газосборника; трубопроводы *системы охлаждения*, по которым вода подается от водяного коллектора к аппаратам, цилиндрам и другим точкам охлаждения и от них на сброс в канализацию; трубопроводы *смазочных систем*.

Арматуру по назначению подразделяют на запорную (вентили, задвижки и краны), *предохранительную* (обратные и предохранительные

клапаны) и *регулирующую* (регулирующие смесительные и рас-
пределительные клапаны, регуляторы и конденсатоотводчики).

Основные характеристики арматуры: P_y — условное давление (при нормальной температуре среды) и D_y - условный проход (внутренний диаметр присоединительных концов трубы).

Материал арматуры определяется средой, температурой и давлением. **Бронзовая** арматура допускается при давлении до 1,3 МПа (13 кгс/см²) на трубопроводах диаметром до 200 мм и при давлении 0,8 МПа (8 кгс/см²) на трубопроводах диаметром до 500 мм; **чугунная** - при давлении до 2,5 МПа (25 кгс/см²) и температуре до 300°C; **стальная** - при более высоких температурах. На арматуре помимо маркировки P_y и D_y должно быть обозначено направление движения среды.

Смазочные системы. В бескрейцкопфных компрессорах механизм движения и детали цилиндровой группы смазываются посредством разбрызгивания масла при погружении нижней головки шатуна в масляную ванну рамы. Благодаря штырю или черпачку, прикрепленному к крышке этой головки, в раме создаются масляный туман и брызги, смазывающие стенки цилиндров, поршневые пальцы и шатунные подшипники.

Ввиду отсутствия фильтра необходимо поддерживать уровень масла в раме и следить за его чистотой. В крейцкопфных компрессорах смазывание кривошипно-шатунного механизма - циркуляционное, цилиндров и сальников - под давлением.

В циркуляционную систему входит шестеренный смазочный насос (рис. 12), который подает масло через фильтры грубой (рис. 13а) и тонкой (рис. 13б) очистки в охладитель и далее к точкам смазывания.

В прямоугольных компрессорах часть масла по отверстиям в коленчатом вале поступает к вкладышам верхней головки шатуна и далее по отверстиям в теле шатуна или наружным смазочным линиям подводится к втулкам верхней головки и пальцу крейцкопфа. Другая часть масла поступает к направляющим крейцкопфа. Смазывание подшипников коленчатого вала - разбрызгиванием масла из рамы или пластинчатыми смазочными материалами. В оппозитных машинах смазочный материал циркулирует по той же схеме (рис. 14). Масло подается смазочным насосом с приводом от электродвигателя (в компрессоре М10 -от коленчатого вала) через фильтр 2 и охладитель масла 1 к механизму движения. Сначала его часть проходит через вкладыши подшипников

коленчатого вала, далее к подшипникам шатунов и пальцам крейцкопфа.

Отработанное масло во всех компрессорах сливается в раму, нижняя часть которой служит смазочным баком. У машин на базах М16, М25 и М40 масло из рамы сливается в смазочный бак 3. Масло фильтруется дважды: в смазочном баке для отделения крупных твердых частиц и в фильтре после смазочного насоса 2. В некоторых схемах часть масла, пройдя фильтр, возвращается в смазочный бак 3 через центробежный сепаратор 7, где дополнительно проходит более тонкую очистку.

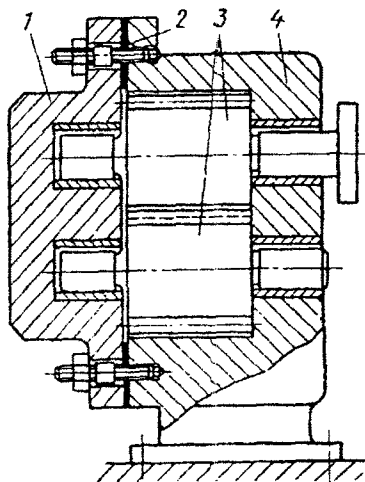


Рис. 12. Шестеренный смазочный насос:

- 1 - крышка; 2 - прокладка;
- 3 - шестерни; 4 - корпус

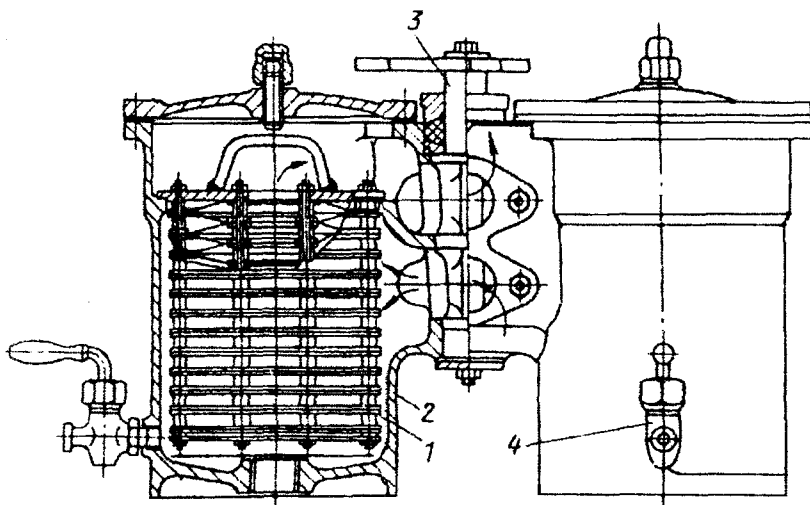


Рис. 13а. Фильтр грубой очистки масла:

- 1 - фильтрующий элемент; 2 - кйрпус;
3 - кран переключения; 4 - спускной клапан

В цилиндры и сальник поршневых компрессоров типов П и М масло подается под давлением (рис. 15) многоплунжерным (по числу точек смазывания) смазочным насосом с приводом от электродвигателя через редуктор или от коленчатого вала. На смазочных линиях цилиндров и сальников вблизи каждой точки смазывания устанавливают последовательно запорный кран с контрольным отверстием, позволяющим проверить поступление масла, и обратный клапан.

Система охлаждения. При прямоточной системе вода подаётся центробежным насосом из водоёма или водопровода и сбрасывается в канализацию. В циркуляционной (оборотной) системе (рис. 16) вода после компрессора 4 поступает на градирню 1, охлаждается и с помощью центробежного насоса 2 вновь поступает для охлаждения. Систему выполняют по двум схемам: с разрывом струи и сливом её в воронку для контроля за циркулирующей воды; замкнутой с проверкой интенсивности циркуляции по давлению на манометре или по реле протока со

стеклянными смотровыми фонарями, или контрольными кранами с воронками. Разводку водяных трубопроводов в машинном зале выполняют в траншее с дренажем на случай сброса воды.

Система охлаждения работает нормально при давлении 0,2 - 0,4 МПа (2-4 кгс/см²).

Привод компрессоров. Электродвигатели трехфазные переменного тока асинхронные и синхронные состоят из неподвижного остова - статора и вращающейся части - ротора, имеющих соответствующие обмотки (катушки) из электрических проводов. Статор и ротор разделены рабочим воздушным зазором. Вал ротора вращается в подшипниках качения или скольжения.

В асинхронных двигателях ток поступает в обмотки статора, создает магнитное поле, которое при вращении индуцирует в обмотке ротора электродвижущую силу (ЭДС). Взаимодействие полей вызывает вращение ротора, но с частотой, меньшей частоты вращения магнитного поля статора (отсюда название «асинхронный»). Такое отставание определяется коэффициентом скольжения, равным 1 - 10%.

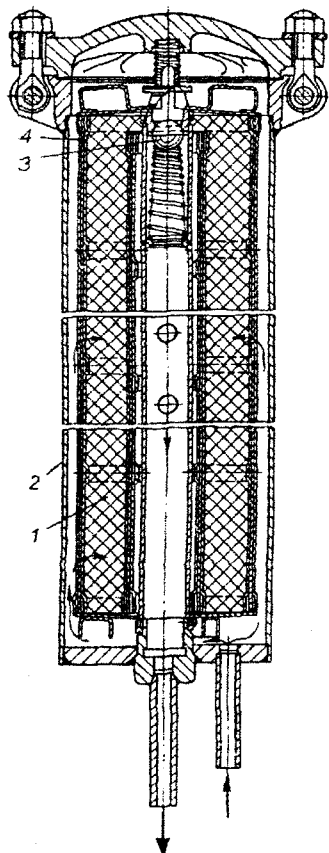


Рис. 136. Фильтр тонкой очистки масла:

- 1 - фильтрующий элемент; 2 - корпус;
- 3 - клапан; 4 - сетка

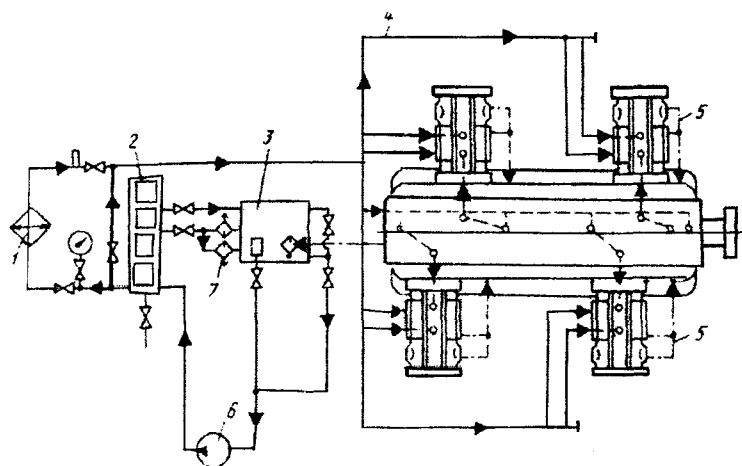


Рис. 14. Схема циркуляционной смазочной системы оппозитного поршневого компрессора:

- 1 - охладитель масла; 2 - фильтр грубой очистки; 3 - смазочный бак;
 4 - маслопровод подачи; 5 - сливной маслопровод; 6 - смазочный насос;
 7 - сепаратор тонкой очистки

Напряжение сети 220/380 В определяет соединение обмоток статора треугольником или звездой, что схематично показывается на клеммной табличке. Для мощности до 100 кВт ротор короткозамкнутый, для большей мощности - фазный. Частота вращения ротора при холостом ходе почти равна синхронной. При возрастании нагрузки она уменьшается до 2950 - 2850, 1450 - 1410, 980 - 930, 745 - 730 мин^{-1} . В синхронных электродвигателях постоянный ток в обмотку ротора подается от возбуждателей. Ротор вращается с частотой, равной частоте вращения магнитного поля статора, зависящей от числа пар полюсов (3000, 1500, 1000, 750, 600 мин^{-1}). Высоковольтные электродвигатели (6000 - 10 000 В) применяют для компрессоров с большой подачей и они поставляются частями.

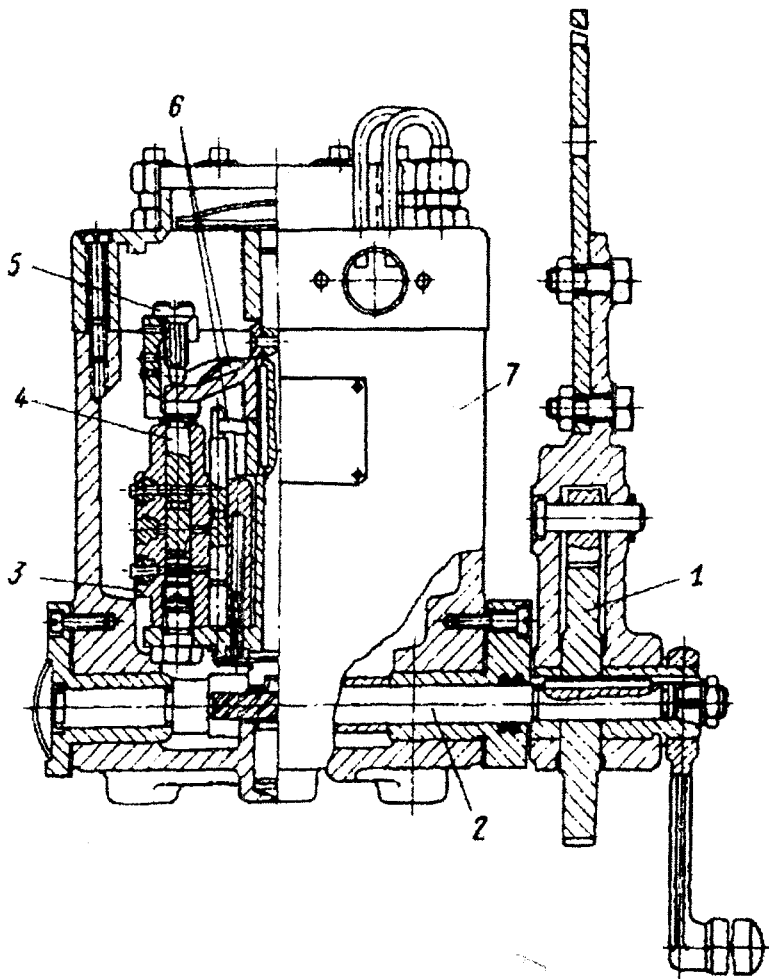


Рис. 15. Плунжерный смазочный насос:

- 1 - приводящий механизм; 2 - приводящий вал; 3 - насосная секция;
- 4 - плунжер; 5 - винт регулирования подачи;
- 6 - профилированный диск; 7 - корпус

Двигатели внутреннего сгорания (ДВС) используют для привода передвижных компрессоров. Применяют серийные дизельные и карбюраторные двигатели для автомобилей и тракторов (ЗИЛ-157М, КАЗ-120, Д-108, СМД-14А и др.).

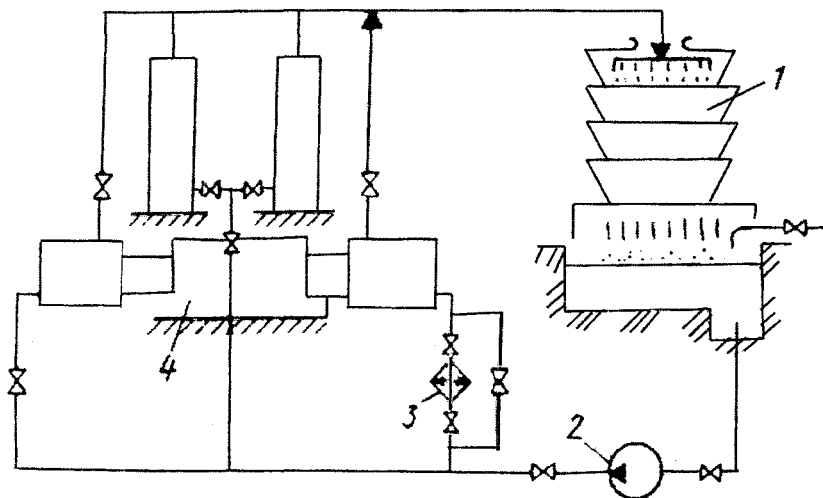


Рис. 16. Схема замкнутой системы охлаждения компрессор

- 1 - градирня; 2 - центробежный насос;
3 - охладитель масла; 4 - компрессор

4. Эксплуатация компрессорных установок

Основы термодинамики. Состояние газов в процессе их всасывания, сжатия и нагнетания в цилиндре компрессора изменяется в соответствии с законами термодинамики. Термодинамика изучает связи между механической, внутренней, тепловой и другими энергиями, а также свойства термодинамических систем, в которых происходит переход одного вида энергии в другой.

В газовой среде термодинамические системы, в которых осуществляются изменения и превращения энергии, характеризуются давлением (p), температурой (T) и удельным объемом (U_0). Так, в цилинд-

ре компрессора на сжатие газа при движении поршня затрачивается механическая энергия. При этом уменьшается объем газа, изменяется его внутренняя энергия, возрастает давление, повышается температура (рис. 17). Перемещение поршня из положения 1 в положение 2 соответствует кривой 1-2. Перемещение Δx поршня влечёт за собой изменение объема, которое соответствует заштрихованной площадке графика. В этом случае внешняя механическая работа сжатия преобразуется в энергию повышения давления и температуры газа. Если же, в свою очередь, к газу в цилиндре подвести теплоту, то расширившийся газ будет двигать поршень, т.е. совершать механическую работу.

Характер и название термодинамического процесса зависят от изменения взаимосвязанных энергетических показателей, входящих в систему, причем один из них должен оставаться неизменным. Термодинамический процесс, протекающий при постоянном объеме (газ в цилиндре нагревается или охлаждается при неподвижном поршне), называется *изохорическим*.

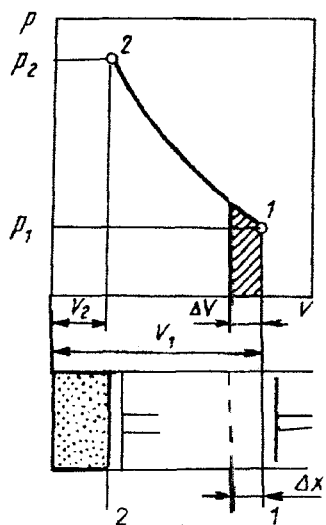


Рис. 17. Схема для определения работы при сжатии газа.

Термодинамический процесс, протекающий в цилиндре, поршень которого перемещается без трения таким образом, что после подвода теплоты давление остаётся постоянным, называется *изобарическим*, а протекающий при постоянной температуре, когда выделяющаяся теплота рассеивается в окружающую среду, называется *изотермическим*.

При отсутствии обмена теплотой с внешней средой (при хорошей внешней изоляции или при быстро протекающем процессе) термодинамический процесс называется *адиабатическим*.

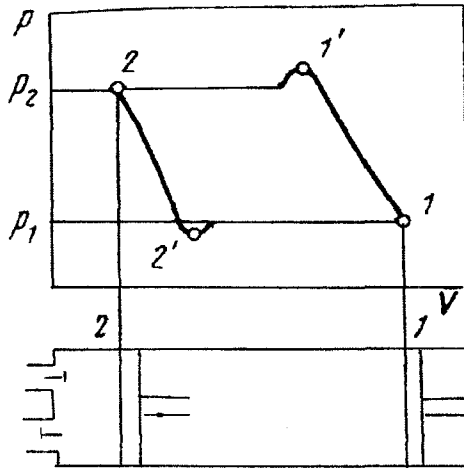


Рис. 18. Диаграмма работы поршневого компрессора

Полный цикл перемещения и сжатия газа в цилиндре за один двойной ход поршня характеризуется индикаторной диаграммой (рис. 18) в виде замкнутой кривой 1-1'-2-2'. Сжатие, которому соответствует кривая 1-1', характеризуется уменьшением объема рабочего пространства и возрастанием давления газа. Выталкивание газа из рабочего пространства в напорный трубопровод (кривая 1' - 2) и всасывание его в цилиндр (кривая 2' - 1) происходят при постоянном давлении p_2 и p_1 . В процессе сжатия газа изменяются его давление и объем. При отсутствии обмена теплотой с окружающей средой процесс проходит как адиабатический, а при отборе излишней теплоты как изотермический. При неполном отборе в ходе сжатия всей теплоты термодинамический процесс называется *политропическим* (характерен для большинства поршневых компрессоров). Площадь фигуры 1-1'-2-2' соответствует работе, совершаемой поршнем.

Поршень не подходит вплотную к крышке цилиндра во избежание соприкосновения и удара. Объем газа, остающийся под давлением нагнетания между крышкой и поршнем, называют *объемом мёртвого пространства*.

Таким образом, всасывание начинается не в начале обратного хода

поршня, а в конце расширения объема газа, оставшегося в мертвом пространстве (кривая 2-2'). Этим реальная индикаторная диаграмма отличается от теоретической.

В компрессоре не вся работа расходуется на нагнетание газа. Частично она затрачивается на преодоление сопротивления, вызываемого трением в подшипниках и других трущихся частях. Действительная потребляемая мощность компрессора, или мощность на валу, выше индикаторной мощности, затрачиваемой на сжатие газа. Отношение индикаторной мощности, затрачиваемой на сжатие газа к действительной мощности компрессора, называется коэффициентом полезного действия (КПД) компрессора.

Смазочные масла. Основные требования к смазочным маслам - создание устойчивой масляной плёнки на трущихся деталях компрессоров (между шейками валов и вкладышами подшипников, между втулками цилиндров и поршневыми кольцами и др.).

Смазочные масла должны быть подвижными, легко отделяться от газа и воздуха в маслоотделителях и иметь достаточные эмульсионные свойства, не вспениваться при работе.

Масло, поступающее в компрессорную станцию, должно быть снабжено паспортом (сертификатом) с результатами лабораторного анализа, выполненного поставщиком или получателем. Качество масла контролируют ежемесячно по достижении устойчивой работы после пуска через 30 - 50 ч. эксплуатации, постепенно увеличивая интервал между проверками до 1500 ч. В Поршневых компрессорах масла заменяют через 2500 ч, в электродвигателях - через 4500ч.

По результатам периодически проводимого анализа масло считают непригодным, если его кинематическая вязкость, мм²/с (сСт), на 15% выше или ниже предусмотренной стандартом при температуре, установленной для данного масла; массовые доли механических примесей более 0,02%; кислотное число более 0,5 мг КОН на 1 г масла; золы более 0,05%; воды более 0,02%; температура вспышки в открытом тигле менее 150°C; присутствуют растворимые кислоты и щелочи.

Пробы для анализа отбирают из трубопровода слива масла, из подшипника или охладителя масла.

Для смазывания поршневых компрессоров применяют масла индустриальные И-З0А, И-40А и И-50А по ГОСТ 20799-75; ком-

прессорные К-12 и К-19 по ГОСТ 1861-73; компрессорное из сернистой нефти КС-19 по ГОСТ 9243-75. Основные свойства и назначение этих масел определяют по справочным таблицам. Расход, марки и количество масла, требуемого для начальной заправки смазочных бака и системы в целом, даны в инструкциях по эксплуатации.

Пластичные смазочные материалы (ПСМ) применяют для смазывания подшипников качения поршневых компрессоров (У-образных и прямоугольных), электродвигателей и насосного оборудования. ПСМ характеризуются допустимой рабочей температурой и температурой каплепадения, °С. Их также используют в качестве противокоррозионного покрытия. Солидол синтетический (ГОСТ 4366-76) и солидол жировой (ГОСТ 1033-79) сохраняют эксплуатационные свойства до 60°С, консталин (ГОСТ 1957-73) - до 100°С, ЦИАТИМ-201 применяется как пластичный смазочный материал.

При работе компрессоров масло взаимодействует с различными газами: воздухом, аммиаком, водородом, углеводородами и др. В результате происходит его старение, при котором изменяются его плотность и вязкость, ухудшается деэмульгирующая способность, возрастает коррозионная активность и выпадает осадок. В связи с этим добавлять старое масло в свежее не рекомендуется.

Отработанные масла собирают в разную тару, в зависимости от марки масла, и подвергают регенерации (восстановлению).

Для очистки промышленных масел, нагретых до 90°С, от механических примесей и воды применяют регенерационный фильтр «липут» или фильтр типа ЦМ. Продолжительность цикла 2 - 8 ч. Для очистки в циркуляционных системах используют сепаратор типа НСМ с непрерывным циклом.

Регенерацию компрессорных масел проводят в стационарных фильтрах типа ЦКФ. Места хранения и регенерации отработанных масел оборудуют противопожарными средствами. Емкости для сбора и хранения должны иметь плотную укупорку и устройства для слива и наполнения маслом.

5. Эксплуатация поршневых компрессоров

Нормальная работа поршневой компрессорной установки зависит от степени усвоения машинистом заводской инструкции по эксплуатации, устанавливающей порядок действий при подготовке компрессора к пуску, продувке его азотом (в случае сжатия опасного газа), пуска, планового и аварийного остановов.

Независимо от степени автоматизации установки машинист должен знать места расположения запорной арматуры и очередность её открытия (закрытия) для того, чтобы уметь четко выполнять эти операции вручную. Далее приведены общие указания по эксплуатационному обслуживанию установки применительно к оппозитному компрессору. Особенности, связанные с конструкцией, следует уточнить по заводской документации, повышенные требования предъявляют при сжатии опасных (токсичных и взрывоопасных) газов.

Рассмотрим некоторые общие указания, связанные с безопасной эксплуатацией компрессорных установок.

В машинном зале наряду с инструкцией по обслуживанию должна быть вывешена схема расположения запорной и предохранительной арматуры на трубопроводах всасывания и нагнетания (рис. 19).

Газ (воздух) до подачи на всасывание в компрессор пропускают через фильтр-камеру или фильтр для очистки от посторонних включений и капельной влаги. Концентрация пылевых частиц не должна превышать 1-2 мг/м³. Кроме того, в газе должны отсутствовать жидкие составляющие. Давление воды для охлаждения в магистральном водопроводе или коллекторе должно составлять 0,2 - 0,3 МПа, (2-3 кгс/см для обеспечения прохождения через каждое охлаждающее устройство). Гидравлическое сопротивление не должно превышать 50 - 100 Па (5 - 10 мм. вод. ст.). При большем сопротивлении следует проверить качество очистки стенок охладителей со стороны прохода воды.

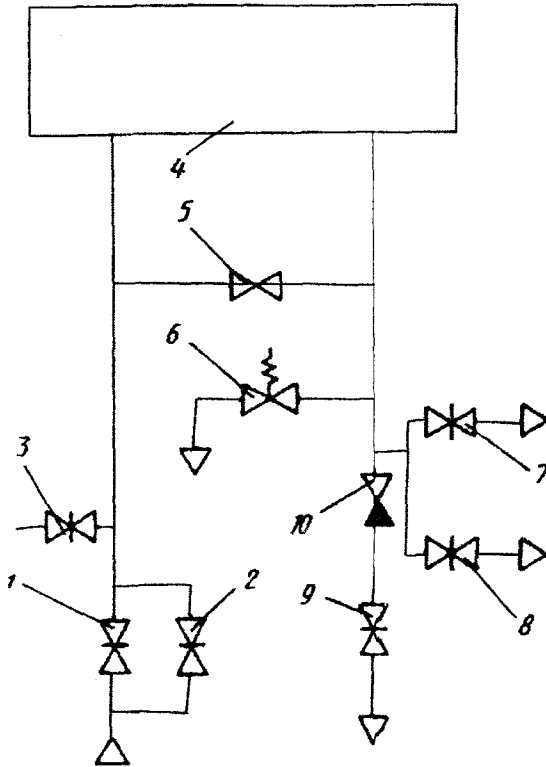


Рис. 19. Пусковая схема поршневого компрессора:

- 1 - задвижка на линии всасывания (с электроприводом);
- 2, 5 - задвижки байпасов на линии всасывания и перепуска газа;
- 3 - задвижка на линии нейтрального газа (с электроприводом);
- 4 - компрессор; 6, 10 - предохранительный и обратный клапаны;
- 7, 8 - вентили сброса на факел и в атмосферу;
- 9 - задвижка на линии нагнетания (с электроприводом)

Для смазывания механизма движения нужно в поддон рамы или смазочный бак залить масло И-50А или И-40А, а для смазывания цилиндров и сальников - масло К-12, К-19 или КС-19.

МАШИНИСТ КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК

Установку нужно эксплуатировать при заданном режиме с соблюдением установленных значений следующих параметров:

- подачи при заданных начальных условиях, м³/мин;
- конечного давления газа (воздуха), МПа (кгс/см²);
- температуры газа на выходе из компрессора, °С;
- потребляемой мощности компрессора, кВт.

Требуемые значения должны быть обеспечены исходным состоянием газа и параметрами, в том числе:

- начальным давлением газа, МПа (кгс/см²);
- начальной температурой газа, °С;
- относительной влажностью газа, %;
- температурой воды, поступающей в рубашки цилиндров, охладителя газа и масла, °С;
- частотой вращения вала электродвигателя, мин⁻¹. Значения параметров для конкретной марки компрессора даны в заводской инструкции по эксплуатации.

Электродвигатели плунжерного насоса для смазывания цилиндрической группы и насоса для смазывания кривошипно-шатунного механизма должны иметь автономное питание.

Меры безопасности. Перед пуском все подвижные части компрессора оградить защитными кожухами. Проверить исправность манометров, термометров, средств сигнализации и автоматики. Не использовать приборы с пропущенными сроками проверки и неисправные. Не применять смазочные масла без сертификата, паспорта или не прошедшие анализа. Не включать компрессор при неисправных и неотрегулированных предохранительных клапанах. Не допускать при работе компрессора ремонт и очистку движущихся частей, а также подтяжку крепежа и резьбовых соединений на аппаратах и сборочных единицах, находящихся под давлением.

Не вскрывать соединения газовых коммуникаций компрессора и его цилиндры без сброса давления и продувки.

Немедленно остановить компрессор при появлении стуков, чрезмерном нагреве подшипников, поломке деталей или внезапном прекращении подачи воды; возобновлять подачу воды только после остывания цилиндров.

При прекращении подачи электроэнергии или коротком замыка-

нии в сети немедленно отключить от сети главный электродвигатель и экстренно остановить компрессор. Соблюдать правила электробезопасности при эксплуатации электрооборудования и проводов, связанных с пуском, обслуживанием и остановом компрессора. Не работать при утечке газа в уплотнениях компрессора и соединениях газопроводов. Не выполнять газосварочные и другие работы с применением открытого огня в машинном зале без оформления допуска. Включать компрессор только при полной исправности средств сигнализации и пожаротушения. Не допускается вход в машинный зал лиц, не обслуживающих компрессор. Вести постоянное наблюдение за работой компрессора. При работе с опасными газами машинист должен иметь при себе противогаз. В машинном зале и на рабочем месте поддерживать порядок, не загромождать служебные проходы, лестницы и площадки, обеспечивать достаточное освещение. Периодически проверять исправность грузоподъемных механизмов и такелажных средств, используемых в машинном зале. В наличии всегда должен быть комплект инструментов и инвентаря.

Подготовка к пуску. Подготовительные работы:

- осмотр установки снаружи; проверка затяжки крепления подвижных частей, исправности и готовности к пуску КИП и средств автоматического управления;
- проверка и при необходимости доведение до нормы уровня масла в маслосборнике (поддоне рамы или смазочном баке), в корпусах многоплунжерного насоса и его редуктора, а также в корпусе редуктора электрифицированного валоповоротного устройства;
- подготовка к работе смазочных систем; очистка фильтрующих сеток в маслосборнике и в корпусе многоплунжерного насоса (лубрикатора), открытие запорного вентиля подачи масла и при температуре масла более 40°С направление его через охладитель масла. При более низкой температуре пуск масла в обход охладителя с подогревом его в смазочном баке с помощью трубчатых электронагревателей (ТЭН), или подачей горячей воды в охладитель масла. Затем трёхходовым краном на напорном трубопроводе циркуляционной смазочной системы соединить насос с фильтром грубой очистки;
- введение в действие системы автоматики и включение в работу электродвигателей смазочных систем;
- открытие запорных и регулирующих вентилей у всех точек по-

МАШИНИСТ КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК

дачи от циркуляционной смазочной системы и проверка поступления масла от многоплужерного насоса ко всем точкам смазывания через краны при обратных клапанах;

— поворот коленчатого вала на два-три оборота для проверки отсутствия помех и распределения масла по поверхности трения, отключение валоповоротного механизма и выведение его из зацепления с зубчатым колесом коленчатого вала;

— открытие задвижки на линии подачи воды и проверка её поступления ко всем охлаждаемым частям и аппаратам;

— открытие кранов на импульсных линиях манометров;

— открытие спускных кранов и пробок на трубопроводах всасывания и буферных ёмкостях для слива конденсата;

— проверка вручную легкости срабатывания предохранительных клапанов;

— проверка готовности к пуску основного электродвигателя (сборки или включения автоматики, подачи масла, обдува и др.), при первом пуске выполнить обкатку электродвигателя в соответствии с заводской инструкцией (обычно в течение двух часов) с отсоединением шатунно-поршневой группы от коленчатого вала;

При проведении подготовительных работ к пуску необходимо закрыть задвижки и вентили 1, 2, 3, 5, 9 (см. рис. 19) и при сжатии опасных газов открыть вентили 7, 8, 13. В случае обкатки компрессора на холостом ходу удалить всасывающие и нагнетательные клапаны и поставить крышки камер с зазором, достаточным для прохода воздуха. Перед пуском после монтажа, ремонта и ревизии необходимо проверить полноту и правильность оформления технической документации.

Продувка нейтральным газом (технически чистым азотом).

Продувку азотом проводят в следующих случаях:

1) после монтажа, ремонта или ревизии перед обкаткой под нагрузкой;

2) перед пуском на рабочем газе при вероятности попадания в газовый тракт воздуха;

3) при останове компрессора на длительное время;

4) при остановах, связанных со вскрытием любой газовой полости.

Продувку заканчивают, когда содержание кислорода или взрывоопасных концентраций в среде, заполняющей тракт, не превышает нормы. Давление азота в газовом тракте по окончании продувки 0,1 -

0,15 МПа (1,0 - 1,5 кгс/см²).

Пуск на холостом ходу проводят для проверки ходовой части после монтажа или ремонта до принятия нагрузки и обкатки на рабочем газе. При пуске необходимо выполнить следующие операции:

1) очистить площадку вокруг компрессора от пыли во избежание засасывания её в цилиндры;

2) снять крышки клапанов и удалить клапаны цилиндров;

3) повернуть коленчатый вал на два-три оборота валоповоротным механизмом для проверки отсутствия помех (при включенном валоповоротным механизме блокируется пуск электродвигателя компрессора);

4) проверить интенсивность циркуляции и давление воды в охладителе масла компрессора и охладителе воздуха электродвигателя (оно должно составлять 0,2 - 0,3 МПа (2-3 кгс/см²);

5) включить насос циркуляционной смазочной системы, поднять давление в системе до 0,3 - 0,4 МПа (3-4 кгс/см²) и при температуре в помещении выше 15°C масло направить через охладитель;

6) включить кратковременно (на 3-5 мин.) многоплунжерный насос (лубликатор) и проверить через контрольные краны обратных клапанов поступление масла к цилиндрам и сальникам;

7) проверить готовность электродвигателя;

8) включить компрессор, проверив по приборам температуру всех поверхностей трения (до 50 - 60°C); при недопустимой температуре нагрева остановить компрессор, отключив электродвигатель, и выключить агрегаты смазочных систем.

Продолжительность обкатки компрессора на холостом ходу после монтажа 5, 15, 30 мин., 1 и 8 ч. с проверкой температуры нагрева и устранением неполадок после каждого этапа. После ремонта или ревизии продолжительность и число этапов обкатки ограничивается пуском на 5 мин. и 1 ч. Допускаемая установившаяся температура нагрева поверхностей трения 60 - 65 °С, предельная температура нагрева коренных подшипников 75°C.

Пуск под нагрузкой (на воздухе, азоте или рабочем газе) проводят после монтажа или ремонта в соответствии с указаниями завода-изготовителя. Перед пуском компрессора под нагрузкой следует выполнить операции 3-9, предусмотренные при пуске на холостом ходу. Затем нужно выполнить следующие рекомендации:

1) пуск на рабочем газе или азоте проводить по замкнутому коль-

цу, через байпас с использованием пускового контура, с выбросом газа во всасывающий коллектор после дросселирования и охлаждения. Замкнутый контур циркуляции газа: компрессор — буферная ёмкость нагнетания — охладитель газа — буферная ёмкость всасывания — компрессор;

2) при работе под нагрузкой задвижки и вентили 2, 3, 5, 7 или 8 (см. рис. 19) должны быть закрыты, а 1 и 9 - открыты;

3) давление газа поднимать постепенно, в несколько этапов; продолжительность работы на каждом режиме должна соответствовать времени, предписанному заводской инструкцией;

4) после опробования на всех режимах компрессор остановить, отключив электродвигатель, и выключить агрегаты смазочных систем;

5) проверить температуру нагрева трущихся деталей, при необходимости провести ревизию с устранением дефектов;

6) при значительной вибрации газопроводов в период работы усилить опоры или установить дополнительные.

К пуску на рабочем газе компрессор готовят в соответствии с указаниями для работы на холостом ходу и под нагрузкой.

При пуске с продувкой нейтральным газом (азотом) необходимо выполнить следующие операции:

1) открыть вентиль 8 сброса в атмосферу (см. рис. 19);

2) включить электродвигатель привода;

3) закрыть задвижку 5 на байпасной линии;

4) открыть задвижку 3;

5) продуть межступенчатые аппараты поочередным открытием вентиляей продувок;

6) продуть линию предохранительного клапана 6;

7) продуть все газовые линии и аппараты в течение 15-20 мин.;

8) остановить компрессор.

При переходе на рабочий газ после продувки нейтральным газом (азотом):

1) закрыть задвижку 3;

2) открыть задвижку 1 на линии всасывания;

3) включить электродвигатель компрессора;

4) вытеснить нейтральный газ из всего газового тракта рабочим газом;

5) медленно открыть задвижку 5 на байпасной линии;

- 6) закрыть вентиль 8 сброса газа в атмосферу;
- 7) открыть вентиль 7 сброса на факел;
- 8) работать вхолостую через байпас в течение 20 - 30 мин.;
- 9) приступить к нагружению компрессора, открыть задвижку 9 на линии нагнетания и перекрыть задвижку 5 на байпасной линии. Затем следует осмотреть компрессор и убедиться в его исправности, проверить давление и температуру газа, масла, охлаждающей воды. Режим нагружения нужно регулировать по заводской инструкции.

При пуске на рабочем газе без продувки азотом (после кратковременного останова и при уверенности в герметичности газовых полостей компрессора, аппаратов и газопроводов):

- 1) открыть задвижку 1 на линии всасывания;
- 2) включить электродвигатель компрессора;
- 3) проработать на холостом ходу в течение 3-5 мин.;
- 4) приступить к нагружению, открыть задвижку 9 и перекрыть задвижку 5. Сведения о пусках и режиме обкатки компрессора записывают в эксплуатационный журнал.

Обслуживание во время работы предусматривает контроль за состоянием:

- клапанов, штоков и уплотнителей;
- давления и температуры газа;
- температуры коренных подшипников и других трущихся деталей, обмоток электропривода;
- параметров работы смазочных систем;
- давления и подачи охлаждающей воды;
- параметров работы КИП и системы автоматизации;
- герметичности газо-, масло- и водопроводов;
- параметров работы фильтра на линии всасывания (перепад давлений не должен превышать 0,05 МПа, или 0,5 кгс/см²). В эксплуатационном журнале необходимо регулярно регистрировать основные параметры работы и замечания.

Кроме этого, необходимо выполнять следующие рекомендации:

- 1) не оставлять работающий компрессор без присмотра;
- 2) периодически прослушивать цилиндрическую группу компрессора с помощью слуховой трубки;
- 3) следить за температурой и давлением масла в циркуляционной

МАШИНИСТ КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК

смазочной системе; допускаемая температура в напорном маслопроводе 40 - 45 °С, на сливе не выше 65 °С;

давление после фильтра на напорном трубопроводе 0,3 - 0,4 МПа (3-4 кгс/см²); при падении давления ниже 0,25 МПа (2,5 кгс/см²) срочно проверить герметичность соединений и отрегулировать перепускной клапан; при дальнейшем уменьшении давления компрессор должен автоматически отключаться; при отказе системы блокирования машинист должен быть готовым остановить компрессор вручную;

4) следить за уровнем масла в раме и смазочном баке, за очисткой фильтров и сеток; соблюдать соответствие марки масла, рекомендуемой в инструкции; не применять отработанное масло без регенерации;

5) при возникновении стуков и ударов в кривошипно-шатунном механизме и цилиндре, не устранимых на ходу (увеличением подачи масла, регулированием нагрузки и др.), остановить электродвигатель компрессора;

6) не допускать утечек масла через фланцевые соединения маслопроводов и попадания масла на фундамент;

7) регулярно по графику очищать и промывать охладители, буферные ёмкости и газосборники, перечисленные в инструкции;

8) следить за состоянием электропривода, температурой подшипников, действием системы обдува обмоток, вентилятора и температурой воздуха, направляемого для обдува;

9) о неисправностях в электрической части привода, в работе КИП и средств автоматического управления немедленно извещать соответствующие службы;

10) регулярно (не реже одного раза в смену) протирать чистыми концами неподвижные (наружные) части компрессора и другого оборудования, тщательно следить за чистотой в машинном зале;

11) мелкие неисправности, не препятствующие эксплуатации, устранять во время ближайшего останова компрессора;

12) не допускать работу компрессора и его систем при отклонениях от режимов и показателей, указанных в заводской инструкции или паспорте;

13) проверять действие световой и звуковой сигнализации;

14) останавливать компрессор при аварийных ситуациях;

15) не допускать нагрев коренных подшипников выше 65°С и наружной поверхности направляющих крейцкопфов выше 35-40°С (на-

ощупь);

16) контролировать подачу воды ко всем охлаждаемым деталям, её температуру и давление (0,2 - 0,4 МПа или 2-4 кгс/см²) и срабатывание системы блокирования при прекращении подачи;

17) следить за действием клапанов цилиндров по изменениям температуры и давления газа и по появлению стуков; при их замене проверить возможное попадание частей поломанных пластин в цилиндр и соответствие клапанов;

18) наблюдать за герметичностью всех частей установки, находящихся под давлением, выявляя утечки по падению давления, визуальнo и по появлению шума в местах утечек; крепёжные элементы, соединения подтягивать только после снятия давления;

19) следить за работой сальниковых уплотнений и маслоснимателей; при замене уплотнительных элементов проверить износ и возможные задиры на поверхности штоков;

20) в установленный срок (ежесменно или ежесуточно) проверять подрывом "вручную" исправность предохранительных клапанов;

21) содержать в исправности (в закреплённом состоянии) защитные ограждения и устройства, не допускать их снятия при работающем компрессоре;

22) при работе с опасными газами следить за регулярным проведением анализов воздуха в машинном зале; при концентрации опасных веществ выше санитарных норм срочно включить аварийную вентиляцию, установить причину загазованности и (в крайнем случае) остановить компрессор.

Останов компрессора. Для кратковременного останова без разборки и ревизии частей компрессора необходимо выполнить следующие операции: медленно открыть задвижку 5 (см. рис. 19) на байпасной линии и закрыть задвижку 9 на линии нагнетания, следить по манометру за давлением газа, не допуская его повышения; выключить электропривод; закрыть задвижку 1 на линии всасывания и открыть вентиль 7 сброса на факел (при работе на воздухе вентиль 8 сброса в атмосферу) и продувочные вентили на аппаратах; проверить по манометру полноту сброса давления, отключить вентилятор электропривода, остановить электродвигатель смазочного насоса, закрыть задвижку на линии подвода воды; очистить от загрязнений масляный фильтр и сетки.

При длительном останове для проведения ремонтных работ, ревизи-

МАШИНИСТ КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК

зий или частичного вскрытия нужно разгрузить компрессор в соответствии с указаниями для кратковременного останова; кроме того, медленно открыть задвижку 5 на байпасной линии, закрыть задвижку 9 на линии нагнетания и задвижку 1 на линии всасывания, открыть вентиль 8 сброса в атмосферу; продуть в течение 3-15 мин. аппараты и цилиндры, для чего открыть задвижку 3 на линии нейтрального газа (азота) и закрыть задвижку 5 на байпасной линии; остановить компрессор, закрыть задвижку 3.

Дальнейшие действия должны соответствовать операциям, выполняемым после кратковременного останова компрессора. Затем следует отключить автоматику компрессора, слить воду из цилиндров и аппаратов, закрыть вентиль слива, периодически проворачивая при этом (на два - три оборота) коленчатый вал с помощью валоповоротного механизма.

Аварийный останов осуществляют при несрабатывании систем блокирования и в следующих ситуациях: при уменьшении давления масла в циркуляционной смазочной системе ниже 0,2 МПа (2 кгс/см²), прекращении подачи охлаждающей воды, значительном росте давления и температуры газа, недопустимом повышении температуры подшипников и трущихся частей, возникновении утечек газа через неплотности, появлении стуков и ударов в цилиндре и механизме движения, повышении температуры обмоток электропривода, отклонениях в работе системы обдува, при поломках, угрожающих аварией, или возникновении пожара.

При аварийном останове следует выключить электропривод, медленно закрыть задвижки 1, 9 на линиях всасывания и нагнетания, открыть задвижку 5 на байпасной линии и вентиль 7 сброса на факел (при работе на воздухе вентиль 8 сброса в атмосферу).

Если в связи с аварийной ситуацией необходимо выполнить ремонт, то до останова следует продуть компрессор, аппараты и трубопроводы нейтральным газом согласно указаниям для длительного останова.

При аварийной ситуации компрессор можно немедленно остановить выключением электродвигателя, не сбрасывая давление. Такой останов допускается не только в аварийных случаях, так как он практически не влияет на работоспособность компрессора и его износ. Кривошипно-шатунный механизм при таком останове прекращает движе-

ние быстрее, чем в разгруженном состоянии. После останова, в зависимости от его длительности, осуществляют сброс давления.

По окончании продувки до вскрытия газового тракта нужно выключить электропривод, закрыть задвижку (клапан) 3 на линии нейтрального газа, отключить электродвигатель смазочного насоса и уменьшить подачу охлаждающей воды ниже значения, указанного в заводской инструкции. При недопустимом повышении температуры коренных подшипников и нарушении в работе системы обдува электропривода также необходимо отключить электропривод. Перечень показателей аварийного останова компрессора приводится в техническом паспорте.

Ревизию компрессора проводят после обкатки по окончании монтажа, капитального ремонта или эксплуатации в соответствии с графиком планово-предупредительных ремонтов (ППР).

Цель - проверка состояния, степени изношенности и устранение дефектов. Ревизии подлежат клапаны всасывания и нагнетания, зеркало цилиндров, сальниковые уплотнения, штоки, коренные подшипники и детали кривошипно-шатунного механизма (при монтаже и ремонте выборочно), масляные фильтры, поршневая группа, соединения и места, где обнаружены утечки. При ревизии необходимо заменить масло в циркуляционной смазочной системе и очистить смазочный бак и поддон.

Охрана окружающей среды

При работе с опасными газами нужно выполнять следующие рекомендации: следить за герметичностью соединений в цилиндрической группе, крышек аппаратов и фланцев газопроводов, через которые возможны утечки газа; при пуске, останове и переходных режимах сбрасывать опасный газ на факел для утилизации или через байпасную линию на всасывание более низкой ступени сжатия; следить за исправностью сальниковых уплотнений штоков поршневой группы и линий отбора газа из сальников; проверять работу системы промывки сальников и отбора газа из бака сливаемого масла после промывки, а также из бака продувок аппаратов; контролировать (по регламенту) состояние воздушной среды в машинном зале и при критической концентрации опасного газа в воздухе компрессор остановить; следить за исправностью вентиляции.

Эксплуатационная техническая документация

При каждой действующей компрессорной установке необходима следующая техническая документация:

1. Журнал учёта работы компрессора (эксплуатационный или вахтенный).

2. Инструкция по обслуживанию компрессора (с разделом "Техника безопасности"). Если компрессорную станцию обслуживают одновременно машинисты разных разрядов, дополнительно даются должностные инструкции, конкретизирующие обязанности и ответственность каждого. Если в инструкции по обслуживанию не оговорён режим, при котором должна работать компрессорная установка, то значения рабочих параметров (подачи, давления, температуры и др.) и допускаемые отклонения устанавливаются регламентом работы данного производства, который также входит в состав документации.

3. Схемы трубопроводов (газа, воды и масла) с указанием мест установки арматуры, аппаратов и КИП, а также схемы электрокабелей, автоматических устройств и т.д.

4. Паспорт-сертификат на масла, пригодные для смазывания компрессора, и данные лабораторного анализа.

5. Паспорта всех сосудов, работающих под давлением.

6. Журнал учета ремонтов компрессорной установки (ремонтный журнал) с приложением заключений по результатам проверки сварных швов.

7. График ППР установки.

8. Журнал проверки знаний обслуживающего персонала на рабочем месте. Все журналы пронумеровывают, прошнуровывают и скрепляют печатью.

Журнал учета работы компрессора (табл. 2) заполняет сменный машинист. Он отмечает время пуска и останова с указанием причины, заносит показания приборов через установленные инструкцией промежутки времени, но не реже, чем через 2 часа работы. Машинист записывает давление и температуру газа после каждой ступени сжатия; температуру газа после охладителей: температуру воды, поступающей в систему охлаждения и выходящей из охладителя; давление, температуру и расход масла в смазочных системах; показания вольтметра и амперметра (на статоре и роторе); результаты продувки конденсата из

влагомаслоотделителей, газосборников и других ёмкостей и сосудов; данные периодических проверок предохранительных клапанов и манометров; сведения о неплановой очистке масляных и газовых фильтров; данные о неисправностях, замеченных в период дежурства. В этом журнале расписываются сдающий и принимающий смену. Кроме того, журнал ежедневно проверяет и подписывает руководитель, ответственный за безопасную эксплуатацию компрессорной установки. Журнал должен находиться на рабочем месте машиниста. Остальная техническая документация, кроме схемы и инструкции, находится у руководителя компрессорной станции. Схемы и инструкции готовят в соответствии с эксплуатационной документацией завода - поставщика компрессора. Инструкция по обслуживанию, схемы (чертежи) должны быть идентичны документам, по которым машинист обучался.

Журнал учёта работы компрессора.

Таблица 2

Дата и часы	Давление по ступеням, МПа				Температура по ступеням, °С							
					I		II		III		IV и т.д.	
	I	II	III	IV и т.д.	Вход	Выход	Вход	Выход	Вход	Выход	Вход	Выход
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Температура воды, °С					Параметры масла		
на входе	после охлаждения				Давление МПа (кгс/см ²)	Температура, °С	Расход за смену, кг
	I	II	III	концевого			
14	15	16	17	18	19	20	21

Показания приборов				Время и дата проведения		Замеченные неисправности, их устранение	Примечания
Расходомер газа и тахометр	Вольтметр В	Амперметр, А		Продувки масло-влажнотделителей и др. аппаратов	Проверки предохранительных клапанов, манометров		
		Статора	Ротора				
22	23	24	25	26	27	28	29

Техническая характеристика компрессоров

Марка	Сжатый газ	Поддача м³/мин	Давление, МПа		Температура, °С		Частота вращения, мин	Потребляемая мощность, кВт	Масса, т	Расход		Объем масла в камере или баке, м³	Сред. длина до капитального ремонта, тыс. м	
			начальное	конечное	начальная	конечная				Охлаждающей воды, м³/ч	Масла для плунжерного насоса, г/ч			
Поршневые с угловым расположением цилиндров														
2ВУ-0,6/13М	Воздух	0,6	1,3	1...45	70	1455	4,80	0,215	25	0,003	6,0			
		2,5		-5...+35	180	1460	19,25	0,710				40	0,011	13,0
2ВУ1-1,5/46		1,5	4,6	10...40	180	980	17,4	0,730	60	0,010	16,0			
4ВУ1-3/46		3,0		60	1460	34,5	1,000	45				0,015	12,0	
2ВУ1-5/4		5,0	1,3	1...35	180		38,00	1,200	70		13,0			
Поршневые с прямым расположением цилиндров														
3ВП-20/9		20,0	0,9	-40...+40	60	500	119,00	4,800	5,04	0,025	42,0			
2ГП-2/220М		Азот, кислород	2,0	22,1	-20...+30	40	585	75,00	4,900	1,90	0,035	40,0		
		3П-20/8	20,0	0,9	-20...+50	180		120,00	5,000	6,80		42,0		
3ГП-12/35		кислород, воздух	12,0	3,6	-20...+30	160	500		3,300		0,025	38,0		
	3ГП-5/220	5,0	22,1	-20...+30	45		105,00	4,200	7,50		42,0			
202ВП-20/2	20,0	0,3		160	735	60,00	1,200	3,00	36	0,035				
305ВП-60/2	Воздух	60,0	0,4	20	150	500	167,00	3,900	1,80	70	0,136			
		40,0			183		183,00	3,300	2,40	60				

Марка	Сжатый газ	Подача м³/мин	Давление, МПа		Температура, °С		Частота вращения, мин⁻¹	Потребляемая мощность, кВт	Масса, т	Расход		Объем масла в камере и в баке, м³	Средняя скорость вращения вала двигателя, об/мин
			начальное	конечное	начальная	конечная				Охлаждающей воды, м³/ч	Масла для лубрикации, л/ч		
Поршневые оппозитные													
2MB2.5-12/9		11,0		0,9	-40...+40	60	1000	67,30	1,560	2,50	30	0,015	28,0
2MB10-63/9		63,0			-45...+20	170	600	537,00	6,300	8,60	187	0,100	25,0
4M10-40/53	Кислород	40,0		3,6	30		375	390,00	14,700	32,40			20,0
4M10-63/1,2-20	Этилен	63,5	0,120	0,2	40	55		475,00	15,830	58,90	360	0,200	
4MB10-100/8	Воздух	102,0		0,9	20	170	500	530,00	10,300	13,20			10,3
4M10-200/2,2		200,0		3,2	-40...+40			536,00	11,400	9,00	300		11,4
2ГМ16-20/42-60СМ2	Углеводородные газы	21,2	4,200	6,0	50	81		703,00	11,700	7,00			
4ГМ16 45/35-55СМ		45/0	3,500	5,5	35	72		1610,00	26,000	30,00	600	0,400	22,0
4ГМ16-100/200М1	Углекислый газ	101,0			15...40	165	375	1130,00	34,900	104,80	601	0,630	26,0
6ГМ16-140/200М1	Воздух	151,0		20,1	-50...+45	40		1800,00	48,800	98,0	270	1,000	25,00
6ГМ25-120/14-38	Природный газ	121,0	1,400	3,8	10...30	106		3910,00	74,300	55,50	2600		
6Г25-140/55-56		141,0	3,500	5,6	10	76		394,00	52,700	72,00	2000	1,250	25,0
4M40-1.12 230-2500М	Этилен	1,2	25,000	250,0	45	100	250	4300,00	113,00	248,00	10000	3,400	27,0
2BM4 24/9		24/0		0,9	-25...+20	50		128,00	3,900	3,60	92		
2ГМ4 24/9			0,100				370						33,0

* Со смазочной маселю и без него.

2BM4 48/3	Воздух	48,0	0,3	-25	+35	160		130,00		1,50	112	
21M4 48/3												
2BM4 12/65	водород	12,0	6,5	-25	+35	50		132,00	4,800	5,80	112	30,0
21M4 12/65												

Турбокомпрессоры центробежные

ЦК-135/8M1	Воздух, азот	135,0	0,9	20		30		870,00		24,000		
							13800					
КТК-12,5/35		208,0	3,5	35				2690,00		41,600	376,00	1,500 40,0
КТК-7/14	Кислород	116,0	1,4	28			13640	1050,00		24,800	127,00	1,600
43ЦКК-250/15		250,0		25			11276	2000,00		66,960	345,00	1,500
43ЦКО-160/15	Углекислотные газы	160,0	1,5	40		170	10000	1250,00		45000	115,00	80,0
32ВЦ-100/9	Воздух	100,0		20		50	30751	582,00		10000		
43ВЦ-160/9		160,0	0,9	20		50	30500	850,00		12000		26,6
ХТК-2,5/3,5M	Хлор	41,7	0,35	30			235	11200,00		14,000	30,00	0,470 18,0
5ГЦ-245/9	Углекислотные газы	245,0	9,00	7		105	1730	7288,00		39,000	34,20	3,400 80,0
	Плотный нефтяной газ	100,0	0,450	11,50	30; 45	180; 153	5850	10300,00		77,000		11,00 36,0
K250-61-5	Воздух	255,0	0,098	0,882			1470	10935,00		15,300	190,00	
		525,0					3000	7625,00		29,000	302,0	
K390-111-1	Азот, воздух	395	0,105	3,300			3900	13645,00		40,300	310,00	
K345-92-1		370,0	0,100	1,400						36,800		
K905-61-1	Воздух	915,0		0,730						60,500		
		1210,0	0,094	3,600						98,300		
K1500-62-2		1590,0	0,097	0,730			7400	4470,00		82,100	1014,00	
K890-121-1	Плотный нефтяной газ	800,0	0,160	3,700	15	200	6075	10765,00		92,000		

Неисправности поршневых компрессоров и их устранение

При пуске наладочном опробовании и эксплуатации любых компрессоров возможны неисправности и неполадки, которые могут повлечь повреждение деталей и частей или нарушение нормального режима работы.

Компрессор нужно немедленно остановить, если неисправность может повлечь угрожающие последствия. Кроме того, экстренный останов компрессора необходим и в следующих случаях:

при резком уменьшении давления в централизованной смазочной системе;

при прекращении подачи охлаждающей воды; при температуре нагрева опорных подшипников выше допустимого значения;

при утечках газа (воздуха) через сальниковые или лабиринтные уплотнения, в соединениях трубопроводов и аппаратов;

при появлении сильных шумов, стуков или ударов в механизме движения цилиндровой группы, редукторе или корпусе;

при заметном увеличении вибрации компрессора и связанных с ним трубопроводов и аппаратов;

при повышении температуры обмоток электродвигателя или нарушениях в работе системы его обдува;

при выходе из строя щита управления и основных КИП и А;

при возникновении пожара в помещении станции или в машинном отделении;

при возникновении аварийной ситуации.

Основанием для немедленного останова поршневых компрессоров помимо перечисленных служат также значительное повышение давления или температуры в цилиндре одной из ступеней, прекращение подачи масла к одной из точек смазывания деталей цилиндровой группы и падение давления масла в системе промывки сальников (для газовых машин).

В аварийных ситуациях при возможных отказах системы автоматической защиты машинист должен быть готов к останову компрессора вручную (таблица 3).

Таблица 3

Неисправности поршневых компрессоров

Неисправность	Причина	Способ устранения
Стук в цилиндровой группе	Образование уступа на зеркале цилиндра в конце хода поршня ввиду отсутствия конической расточки для перебега колец или в результате длительной работы цилиндровой группы без смазочного материала	Устранить уступ шабрением; обеспечить перебег поршневых колец относительно зеркала цилиндра опиливанием его кромок на 2...4 мм; не допускать работу без смазывания цилиндра
	Наличие нагара масла в виде уступа в конце хода поршня вследствие применения некачественного масла или обильной подачи масла, при недостаточном охлаждении цилиндров	Очистить зеркало цилиндра от нагара; заменить загрязненное или некачественное масло; или некачественное масло; регулировать подачу масла в цилиндр уменьшением хода соответствующих плунжеров смазочного насоса (лубрикатора)
	Ослабление посадки поршня на штоке в результате недостаточной затяжки гайки, отсутствия на гайке стопорящего шплинта, наличия некачественной прокладки между буртом штока и поршнем, с помощью которой регулируют зазоры мертвых пространств в цилиндре. Ослабление соединения штока с крейцкопфом	Затянуть гайку на штоке нормальным ключом с удлинителем, застопорить гайку шплинтом или специальной шайбой, выправить и очистить от заусенцев прокладку для регулирования мертвого пространства. Проверить прочность крепления штока в крейцкопфе
	Касание поршнем крышки цилиндра в одном из крайних положений из-за недостаточного линейного зазора мертвого пространства	Установить нормальные линейные зазоры мертвых пространств между торцами поршня и крышками
	Ослабление посадки колец в канавках поршня вследствие установки колец с предельным или чрезмерным вертикальным зазором между кольцом и стенкой канавки	Заменить кольца утолщенными с учетом минимального зазора между кольцом и стенкой канавки

МАШИНИСТ КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК

Неисправность	Причина	Способ устранения
Стук в цилиндровой группе	Заседание, изнашивание и поломка поршневых колец в результате недостаточного смазывания или подачи некачественного масла, образующего нагар на стенках цилиндра	Заменить кольца, следить за подачей масла в цилиндр и его качеством, периодически проверять износ колец
	Попадание в цилиндр воды и скопление ее в мертвом пространстве (может вызвать гидравлический удар с повреждением поршня, крышки и деталей механизма движения). Скопление в мертвом пространстве масла при обильном смазывании или плохой работе маслосепараторов предыдущих ступеней	Проверить наличие трещин или свищей в зеркале цилиндра, которым вода может просочиться из полости охлаждения; устранить дефекты чеканкой, металлизацией, сваркой, установкой шпилек или тампонирующим жидким стеклом. Следить за работой маслосепараторов, не допускать перерыва в подаче охлаждающей воды и перегрева цилиндра. Уменьшить подачу масла
	Износ баббитовой подушки поршня в результате недостаточного смазывания или применения некачественного нагарообразующего масла с большим количеством механических примесей. Попадание в цилиндр вместе с газом (воздухом) пыли и твердых частиц	Контролировать зазор между поршнем и зеркалом цилиндра; при предельном зазоре подушки поршня перезалить или наплавить баббитом. Следить за работой фильтра на линии всасывания
	Некачественная обработка зеркала цилиндра	После приработки заменить поршневые кольца и перезалить подушку
	Значительный перекос осей цилиндра и коленчатого вала, цилиндра и направляющих вследствие некачественной сборки, вызывающей «броски» поршня в крайних положениях (касание противоположных стенок цилиндра)	Исправить положение осей. Не допускать длительной работы с перекосом осей ввиду неравномерного изнашивания поверхностей трения
Неисправность	Причина	Способ устранения
Стук в цилиндровой группе	Износ поршневого пальца или пальца кривокопфа	Заменить палец или отшлифовать его и заменить втулку или подшипники

«Скрип» в цилиндре	Отсутствие или недостаточное поступление масла в цилиндр	Отрегулировать подачу масла в цилиндр
	Перекося сальника цилиндра при неправильной сборке, несовпадение отверстий для подачи масла в сальник	Перебрать сальник и совместить отверстия, по которым масло поступает в сальник
Стук в клапанах	Поломка пластины клапана из-за повышенной твердости (дефект термообработки) или перекося при посадке в седло	Установить пластину нормальной твердости. Для устранения перекося подобрать отжимные пружины равной жесткости и пластину по размеру гнезда
	Касание седла клапана торцом поршня вследствие углубленной посадки седла в гнезде, обусловленной его неправильной обработкой	Установить под седло более толстую подкладку
	Неплотное прижатие седла клапана к гнезду фонарем и крышкой	Установить кольцевую прокладку из медной или латунной проволоки между фонарем и крышкой; плотно обжать крышку
	Поломка или ослабление пружин клапанов в результате неправильной термообработки	Заменить весь комплект пружин в клапане, в котором обнаружен стук
	Разрушение прямооточного клапана вследствие его установки в гнездо с перекося или в результате некачественной заводской сборки и слабого закрепления седла и упругих пластин стяжным кольцом	Заменить разрушенный клапан
Неисправность	Причина	Способ устранения
Стук в подшипниках	Отсутствие (или недостаток) масла в подшипнике, вызванное засорением маслопровода или маслоподводящих каналов в коленчатом валу, шатуне или крейцкопфе. Прекращение подачи масла вследствие зависания перепускного клапана или отсутствия масла в смазочном баке	Засоренные маслопровод и маслоподводящие каналы продуть сжатым воздухом или прочистить проволочным ершом. Перепускной клапан проверять при каждой ревизии. Не допускать работу при незаполненном смазочном баке

	Увеличенный зазор между шейкой коленчатого вала (пальцем крейцкопфа, поршневым пальцем) и вкладышем подшипника (втулкой) в результате неправильной сборки, оседания или изнашивания баббитовой заливки, ослабления затяжки	В толстостенных вкладышах зазор отрегулировать с помощью прокладок в стыках; тонкостенные вкладыши заменить. Проверить затяжку шпилек и болтов крышки
	Ослабление посадки пальца крейцкопфа из-за интенсивного изнашивания	Установить новый цементованный палец. Пригнать (по следам краски) конусные поверхности пальца и гнезда крейцкопфа
Стук в направляющих	Отсутствие или недостаточное поступление масла к направляющей или крейцкопфу в результате падения давления масла в системе или засорения подводящих маслопроводов и отверстий	Восстановить нормальное давление масла. Продуть маслопроводы и отверстия
Нагрев цилиндров	Недостаточная подача масла плунжерным насосом (лубрикатором) или плохое разбрызгивание масла из рамы (в компрессорах с тронковыми поршнями)	Увеличить подачу, сократив свободный ход плунжера (завинчиванием регулирующего винта на коромысле). Продуть маслоподводящие отверстия и трубки, контролировать подачу масла. Наладить разбрызгивание
Неисправность	Причина	Способ устранения
Нагрев цилиндров	Отсутствие или недостаточное поступление охлаждающей воды вследствие падения давления в сети и повышения температуры на сливе	Увеличить подачу воды. При отсутствии подачи компрессор остановить
	Недостаточный тепловой зазор между стыками поршневых колец (при смыкании стыков увеличивается трение колец о зеркало цилиндра, возможны задиры зеркала и поломка колец, заклинивание поршня и появление трещин в цилиндре)	Проверить и регулировать тепловой зазор при монтаже и ревизиях

Нагрев штоков	Недостаточное смазывание сальников или прекращение подачи масла (появляется звук от пропуска газа или воздуха)	Устранить, как в случае нагрева цилиндра при недостаточном смазывании
	Перекус уплотнительных и замыкающих колец, их трение о шток в результате неправильной сборки сальника	Перебрать сальник с соблюдением установленных зазоров
Нагрев подшипников	Недостаточное поступление масла в уменьшенный (погрешность сборки или результат чрезмерной затяжки вкладыша крышкой подшипника) или увеличенный (результат изнашивания вкладышей или ослабления затяжки) зазор во вкладышах	Установить нормальный зазор во вкладышах, соответствующий диаметру вала; не допускать чрезмерной затяжки вкладышей или ее ослабления; изношенные вкладыши заменить
	Недостаточная подача масла в связи с засорением маслопровода, фильтра, большим открытием перепускного клапана, низкой температурой масла, низким уровнем масла в раме (при смазывании разбрызгиванием)	Систематически, через 2...4 ч, переключать секции фильтра; следить за проходимость маслопроводов, действием перепускного клапана и уровнем масла в раме. При низкой температуре масла включать подогрев, пропуская пар или горячую воду через змеевик в смазочном баке или через охладитель масла
Неисправность	Причина	Способ устранения
Нагрев подшипников	Несоответствие марки масла (при пониженной вязкости не образуется масляная пленка, при повышенной — масло неравномерно распределяется по поверхности трения)	Перед заполнением смазочного бака (или рамы) проверять соответствие марки масла по сертификату или результатам лабораторного анализа
	Загрязнение масла или попадание в него воды (попадание грязи увеличивает трение, вызывает задиры и повышенный износ; вода разрывает масляную пленку)	Не применять неочищенное масло, не работать без фильтра. Проверять герметичность водяных полостей охладителя масла

	Перекосы деталей кривошипно-шатунного механизма, перекосы осей коренных подшипников, шеек коленчатого вала относительно осей цилиндров (вызывают местное трение и быстрый нагрев)	Проверить правильность сборки кривошипно-шатунного механизма, привалки цилиндров и поршней, укладки коленчатого вала с приведением к нормам монтажных зазоров и допусков
	Некачественная пригонка вкладышей к шейкам вала, малый осевой зазор в упорном подшипнике; неправильная пригонка по валу галтелей вкладышей. Трещины в слое баббита, вызывающие утечку масла	Тщательно пришабрить вкладыши к шейкам вала с соблюдением нормальных осевых и диаметральных зазоров. Трещины в баббите заплавить, вкладыши пришабрить
	Конусообразность или овальность шеек вала вследствие изнашивания или погрешностей обработки (устанавливают измерением размеров шеек и сопоставлением с данными формуляра до укладки вала)	Устранить обработкой на токарном станке или (при достаточном опыте) опиливанием и шлифованием вручную.
Нагрев башмаков крещкопфа	Малый зазор между верхним башмаком и направляющей	Отрегулировать сменными прокладками зазор между башмаком и крещкопфом
	Коническая форма расточки направляющей (нагрев в конце хода)	Дополнительно обработать шабером места натиров на направляющей с проверкой размера расточки
Неисправность	Причина	Способ устранения
Утечки через сальники	Отсутствие подачи масла в камеру сальника и на шток поршня из-за несовпадения отверстий камеры и маслопровода	Проверить и отрегулировать подачу масла
	Зазор между штоком и разрезными кольцами сальника вследствие смыкания стыков разрезных частей, обусловленный погрешностями сборки, стягиванием кольца на штоке пружинной без зазора в стыках, изнашиванием колец по внутреннему диаметру при трении о шток	Опилить стыки разрезных частей для создания натяга при установке кольца на шток и сжатия пружинной. Изношенные кольца заменить

	Наличие прогиба, износа и царапин на штоке, периодически вызывающих возникновение зазора между кольцами сальника и штоком, не компенсируемого сжатием колец пружинами	Прогиб штока устранить правкой и шлифованием (если прогиб не предельный); при невозможности правки заменить. Изношенный шток восстановить металлизацией или наплавкой, затем отшлифовать. Царапины устранить шлифованием, если их глубина не превышает толщину цементованного слоя. Кольца при шлифовании штока заменить
	Ослабление или повреждение браслетной пружины, стягивающей сальниковое кольцо	Перебрать сальник, заменить некачественные браслетные пружины
	Чрезмерный зазор между опорной поверхностью сальниковой камеры и уплотнительным кольцом	Заменить кольцо утолщенным или проточить борт камеры для создания нормального зазора между камерой и кольцом
Неисправность	Причина	Способ устранения
Нарушения в работе смазочных систем	Уменьшение давления в циркуляционной смазочной системе в результате увеличения зазоров во вкладышах подшипников, засорения фильтра и охладителя масла, утечек через стыки и неплотности в соединениях системы. Отказ смазочного насоса, низкая вязкость масла, попадание в масло воды	Восстановить давление масла устранением перечисленных дефектов. Проверить уровень масла в смазочном баке или раме, чистоту сеток на маслозаборной трубе, герметичность маслопроводов
	Значительное уменьшение количества масла в циркуляционной системе вследствие утечек через неплотности в соединениях и уноса масла в цилиндр (в компрессорах с тронковыми поршнями)	Проверить уплотнения системы. В бескрейкопфных компрессорах проверить состояние масло-съемных колец или их заменить
	Неплотность обратных клапанов на маслопроводах смазочной системы цилиндрической группы, выявляемая по их нагреву	Дополнительно притереть клапан по седлу или проточить. Заменить клапан или установить двоянные клапаны

МАШИНИСТ КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК

	Уменьшение или прекращение подачи масла плунжерным насосом (лубрикатором)	Очистить сетку масляного фильтра на входе в насосную секцию и продуть маслопроводы паром. Очистить, промыть и продуть детали плунжерного насоса (лубрикатора)
Уменьшение подачи	Неплотности всасывающих и нагнетательных клапанов в результате неплотного перекрытия седла пластиной; зависания пластины; появления сквозных трещин, раковин и царапин на уплотнительных поверхностях; неправильной установки прокладки под клапаном (обнаруживают по нагреву клапанов)	Заменить дефектные детали, очистить клапаны от нагара масла. Перешлифовать пластины и притереть их по плите; перевернуть пластины клапана и притереть к седлу нерабочей стороной
Неисправность	Причина	Способ устранения
Уменьшение подачи	Утечки через изношенные или плохо пригнанные к зеркалу цилиндра ступени I поршневые кольца, чрезмерные тепловые зазоры в кольцах и расположение зазоров на одной линии	Заменить поршневые кольца, подогнать новые по канавкам поршня и зеркалу цилиндра. Сместить на 30...60° тепловые зазоры в смежных кольцах на поршне
	Засорение фильтра на линии всасывания или неполное открытие поворотной заслонки (завязки)	Следить за чистотой всасывающего фильтра и положением заслонки
	Несрабатывание всасывающего клапана ступени I (при чрезмерно жестких пружинах западает открытие, при ослабленных пружинах — закрытие)	Установить пружины соответствующей жесткости
Увеличение давления в одной из ступеней	Утечки газа через неплотности всасывающего клапана цилиндра, следующего за ступенью, в которой возросло давление (следствие поломки пластины, неплотной посадки клапана, пропусков в местах примыкания пластины; выявляют по нагреву клапана)	Ревизовать и промыть дефектный клапан, снять нагар масла. Заменить прокладку и дефектные детали. Притереть пластину и седло по плите или в паре

Неполное открытие регулирующей арматуры на линии нагнетания за цилиндром, в котором повысилось давление. Заклинивание пластин нагнетательного клапана	Проверить положение арматуры на межступенчатых трубопроводах и линии нагнетания компрессора, а также положение нагнетательного клапана
Утечки газа через неплотности между поршневыми кольцами и зеркалом цилиндра. Поломка колец в ступени II и последующих ступенях сжатия	Заменить поршневые кольца, подогнать новые по канавкам поршня и зеркалу цилиндра
Попадание воздуха в систему хладагента (в холодильных компрессорах)	Проверить уплотнения системы и давление в ней

Неисправности турбокомпрессоров

Неисправность	Причина	Способ устранения
Увеличение температуры подшипников	Попадание воды в масло через неплотность, образованную при развальцовке трубок охладителя масла (давление охлаждающей воды выше давления масла) или из отстоявшейся воды в смазочном баке после длительного перерыва в циркуляции масла и включения смазочного насоса без слива конденсата	Проверять герметичность охладителя масла, не допуская превышения давления воды над давлением масла. Заменить масло, содержащее воду и вспенивающуюся водомасляную эмульсию. Слить конденсат из смазочного бака
	Повышение температуры масла в результате уменьшения подачи охлаждающей воды, малого перепада температур на входе и выходе, загрязнения трубок охладителя	Увеличить подачу охлаждающей воды. Проверить и уменьшить температуру на входе. Следить за состоянием поверхностей охлаждения в охладителе масла, очищать и промывать их
	Загрязнение масла вследствие плохой очистки перед пуском всей смазочной системы, масляных полостей подшипников и литых деталей, соприкасающихся с маслом	Перед первым пуском очистить механическим или химическим способом внутренние поверхности смазочной системы; проверить чистоту масла после контрольной прокачки
	Недостаточный диаметр отверстия дроссельной шайбы в напорном маслопроводе перед входом в подшипник или затруднённое прохождение масла через ее отверстие в результате неправильной установки или загрязнения	Диаметр отверстия дроссельной шайбы выполнить по инструкции или определить пробными пусками. Контролировать правильность установки шайбы и диаметр отверстий шайб
	Недостаточные зазоры между шейками вала ротора и вкладышами из-за некачественных пригонки и регулирования (происходит разрыв масляной пленки и пропадает масляный клин)	Проверить качество пригонки вкладышей к шейкам, установить нормальные диаметральные зазоры и достаточный боковой развал нижних вкладышей.

Неисправность	Причина	Способ устранения
Увеличение температуры подшипников	Повышенная вязкость масла или его старение (снижение качества).	Заменить масло или подвергнуть его регенерации.
	Косунообразность или овалность шеек ротора и вкладышей.	Отклонения геометрической формы и размеров шеек ротора устранить механической обработкой. Вкладыши заменить или перезалить и пригнать.
	Уменьшение давления масла в системе ввиду неисправности рабочего смазочного насоса. То же при пуске из-за повреждения обратного клапана на линии всасывания из смазочного бака.	Проверить и исправить рабочий смазочный насос и обратный клапан. Устранить возможные воздушные «мешки» в маслоприводе.
Увеличение температуры газа на линии нагнетания	Загрязнения газовых ходов в охладителе газа, а также поверхностей, соприкасающихся с водой (образование накипи).	Очистить охладитель газа и указанные поверхности.
	Уменьшение подачи охлаждающей воды или увеличение её температуры.	Проверить и отрегулировать температуру воды и её подачу в охладитель газа.
Вибрация турбины	Низкая температура масла. Задевание ротором уплотнений при его вращении. Неравномерный прогрев турбины.	Не допускать прогрев и пуск турбины при неподвижном роторе. Для прогрева масла увеличить продолжительность работы при малой частоте вращения. Проверить зазоры в уплотнениях.
	Отклонения от соосности роторов турбины и компрессора.	Проверить и устранить указанное отклонение центрированием.

Вопросы для самоподготовки по профессии машинист компрессорной установки

1. Кто допускается в качестве машиниста к самостоятельному обслуживанию компрессорных установок?
2. Какой объем работ должен выполнять машинист компрессорной установки в соответствии с его квалификационным разрядом?
3. Что должен знать машинист компрессорной установки в соответствии с его квалификационным разрядом?
4. Как делятся газы в зависимости от степени взрывоопасности, воспламенения и токсичности?
5. Назначение компрессора в компрессорной воздушной установке.
6. Назовите основные и вспомогательные узлы и детали компрессора.
7. По каким параметрам классифицируют компрессоры?
8. Назовите классификацию компрессоров по назначению и принципу действия.
9. Расскажите принцип работы поршневого компрессора.
10. Принцип работы одноступенчатого компрессора простого действия.
11. Что называется степенью сжатия?
12. Как осуществляется последовательное сжатие газа в многоступенчатых установках?
13. Как происходит сжатие газа в пластинчатых компрессорах?
14. Расскажите о принципе действия винтовых компрессоров.
15. Что составляет базу поршневого компрессора?
16. Назначение станины компрессора, коленчатого вала, кривошипно-шатунного механизма.
17. Назначение и требования, предъявляемые к цилиндрам,

поршням, поршневым кольцам, крэйцкопфам.

18. Назначение, конструктивные особенности сальниковых уплотнений.

19. Что входит в состав компрессорной воздушной установки?

20. Назовите основные технические характеристики компрессоров.

21. Конструктивные особенности крэйцкопфных, бескрэйцкопфных компрессоров. Крэйцкопфный компрессор ВГ 27/9.

22. Конструкции оппозитных компрессоров, их база и отличительные особенности.

23. В каком документе приводятся технические характеристики компрессоров?

24. Что относится к вспомогательному оборудованию воздушных компрессорных установок?

25. Расскажите о принципах действия фильтров, охладителей, масловлагодотделителей и газосборников.

26. Назначение трубопроводов в компрессорных установках.

27. Как осуществляется смазка механизма движения и цилиндровой группы компрессора?

28. Как смазываются подшипники коленчатого вала компрессора?

29. Принцип действия системы охлаждения.

30. Устройство и принцип действия привода компрессоров.

31. Требования, предъявляемые к смазочным маслам.

32. Особенности пластичных смазочных материалов. Их характеристики и область применения.

33. Какой технической документацией должен пользоваться машинист при эксплуатации поршневых компрессоров?

34. Меры безопасности, принимаемые машинистом при подготовке к пуску компрессора.

35. Что включают подготовительные работы перед пуском ком-

прессора?

36. Когда нужно проводить продувку системы нейтральным газом?

37. Расскажите о последовательности операций при пуске компрессора на холостом ходу.

38. Расскажите о последовательности операций перед пуском компрессора под нагрузкой.

39. Как осуществляется пуск компрессора на рабочем газе?

40. Что входит в обязанности машиниста при обслуживании компрессора во время работы?

41. Понятие о длительном и аварийном останове компрессора.

42. Какую цель преследует ревизия компрессора?

43. Какие требования безопасности обязан соблюдать машинист при работе с опасными газами?

44. Назовите техническую документацию, необходимую в компрессорном цехе.