МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

«КУЗБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра стационарных и транспортных машин

А. П. Абрамов

ПОРШНЕВЫЕ КОМПРЕССОРЫ

инструкция по изучению конструкций поршневых компрессоров, их узлов и элементов для студентов специальностей специальности 150402 "Горные машины и оборудование" и 140104 «Промышленная теплоэнергетика» всех форм обучения

Рекомендована в качестве методических указаний учебно-методической комиссией специальности 140104 «Промышленная теплоэнергетика»

Кемерово 2010

Рецензенты:

Ю. С. Щербаков, доцент кафедры стационарных и транспортных машин.

И. В. Бреусова, секретарь УМК специальности 140104 «Промышленная теплоэнергетика»

Абрамов Александр Прохорович. ПОРШНЕВЫЕ КОМПРЕССОРЫ: инструкция по изучению конструкций поршневых компрессоров, их узлов и элементов [Электронный ресурс]: для студентов специальностей 150402 "Горные машины и оборудование" и 140104 «Промышленная теплоэнергетика» всех форм обучения / А. П. Абрамов. – Электрон. дан. – Кемерово: ГУ КузГТУ, 2011. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM); зв. ; цв. ; 12 см. – Систем. требования : Pentium IV; ОЗУ 512 Мб ; Windows 2003 ; (CD-ROM-дисковод) ; мышь. – Загл. с экрана.

В инструкции приведена таблица с техническими характеристиками поршневых компрессоры низкого давления малой производительности, схемы одно- и двухступенчатых компрессоров, описание их устройства, а также отдельных узлов и деталей. Эти компрессоры широко применяются для производства силового воздуха на горных предприятиях, в машиностроении, а также во всех отраслях промышленности при выполнении ремонтных и сборочных работ.

© ГУ КузГТУ
© Абрамов А. П.

Развитие горнорудной промышленности России в двадцать первом столетии будет направлено на дальнейшее повышение безопасности и энерговооруженности труда рабочих. С переходом к отработке в угольных шахтах горизонтов расположенных на глубине более 600м, а в рудных шахтах с крепкими скальными породами и буро-взрывной технологией следует ожидать более широкого использования сжатого воздуха, как наиболее безопасного вида энергии.

1. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ПОРШНЕВОГО КОМПРЕССОРА

В настоящее время на угольных шахтах Кузбасса получили наибольшее распространение поршневые компрессоры (ПК). ПК – это гидравлическая машина периодического действия, объемного сжатия. Процессы сжатия газа происходят в замкнутом пространстве, которым является внутренний объем рабочего цилиндра. Органом, воздействующим на газ с целью изменения его объема, служит поршень, совершающий возвратно-поступательные перемещения внутри цилиндра. Цилиндр снабжен регулирующими органами – всасывающим и нагнетательным клапанами для осуществления всасывания, сжатия и нагнетания воздуха (газа) в сеть. Последовательное во времени осуществление трех стадий рабочего процесса – всасывания, сжатия и нагнетания – характерная особенность работы поршневого компрессора.

2. КЛАССИФИКАЦИЯ И СХЕМЫ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ

Поршневые компрессоры отличаются многообразием конструктивных схем и исполнений, что позволяет им полней учитывать различные условия эксплуатации. Дополнительно к общей классификации компрессоров, с которой Вас познакомили на лекции, поршневые компрессоры разделяются по типу цилиндров, их расположению в пространстве и сочетанию.

По типу цилиндров – компрессоры с цилиндрами простого (рис. 1, а) и двойного (рис. 1, б) действия, а также с дифференциальным цилиндром (рис. 1, в). Дифференциальные цилиндры используется только в многоступенчатых ПК.

По числу ступеней – одноступенчатые (рис. 1, а), двухступенчатые (рис. 1, д, е, ж, з), трехступенчатые и более. В современных компрессорах число ступеней не превышает обычно семи.

По числу цилиндров – одноцилиндровые (рис. 1, а, б), двухцилиндровые (рис. 1, е, ж, з, г), трехцилиндровые и более. На рис. 1, г изображена схема одноступенчатого двухцилиндрового компрессора.

По числу рядов, в которых располагаются цилиндры – одно- (рис. 1, ж), двух- (рис. 1, г) и многорядные.

По ориентации цилиндров – горизонтальные, вертикальные и угловые (с углом между осями цилиндров 90° и менее).

По величине угла между осями цилиндров – прямоугольные (рис. 1, е), V-образные (рис. 1, д).

Во многих отраслях промышленности все большее применение находят горизонтальные компрессоры, выполненные по оппозитным схемам, со встречным движением поршней, обеспечивающим уравновешенность поршневых сил.

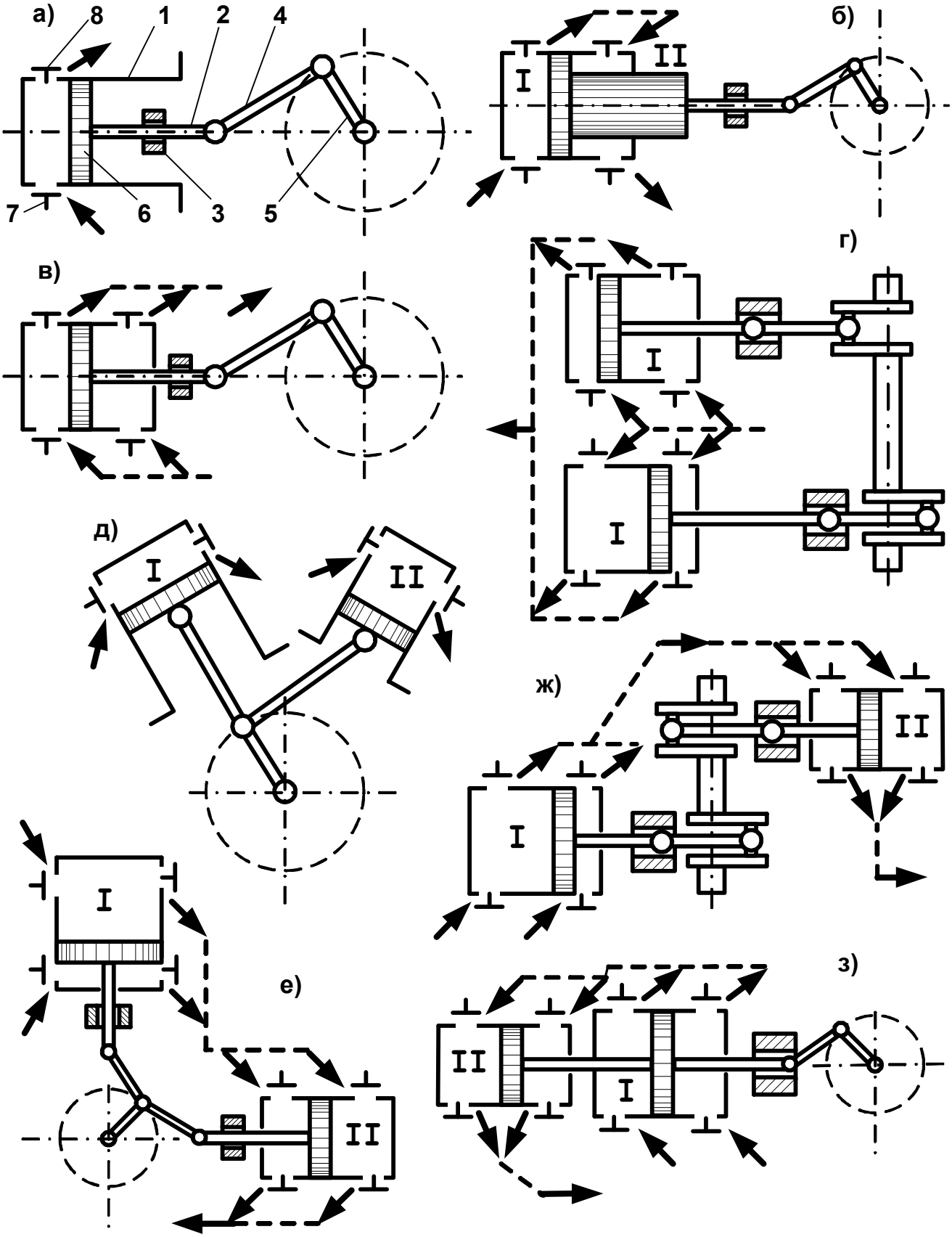


Рис. 1. Схемы поршневых компрессоров:

В качестве приводов поршней компрессоров обычно применяются, кривошипно-шатунные механизмы, состоящие из штока – 2 (см. рис. 1, а), крейцкопфа – 3, шатуна – 4, кривошипа – 5 и предназначенные для преобразования вращательного движения привода в возвратно-поступательное движение поршня – 6 (1– цилиндр; 7 и 8 – всасывающий и нагнетательный клапан).

Задачи лабораторной работы:

1. Уяснить, как определяется число ступеней сжатия компрессора.
2. Сравнить схемы компрессоров по величине рабочего давления, производительности и степени уравновешенности привода, при допущении, что диаметры цилиндров и ход поршня для всех схем ПК одинаковые.

3. НОМЕНКЛАТУРА ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ

Во всех отраслях отечественной промышленности применяется большое число типов ПК. В настоящее время выпускаются и рекомендуются к применению в качестве стационарных воздушные угловые модернизированные компрессоры типа П и воздушные многорядные компрессоры с горизонтальным расположением цилиндров типа М.

Условное обозначение компрессоров типа П:

– буквы ВП – воздушный прямоугольный,
– за буквами в числителе дроби – производительность ($м^3$/мин), в знаменателе – избыточное давление нагнетания (1 $кгс/см^2$ = 1 атм = 0,1 МПа),
– цифры перед буквами показывают номинальную нагрузку на шток (1 тс = 10 кН), цифра, стоящая перед нулем, – номер модификации модернизированного компрессора.

В условном обозначении компрессоров типа М:

– М – многорядная база,
– 10 – величина поршневой силы (тс) одного ряда (поршневой силой называется сумма действующих на поршень сил: давления воздуха в цилиндре, инерции движущихся возвратно-поступательных масс и трения);
– числитель дроби – производительность компрессора ($м^3$/мин),
– знаменатель дроби – избыточное давление ($кгс/см^2$),
– цифра перед буквой М – число цилиндров.

Компрессоры типа М имеют горизонтально расположенные два или четыре цилиндра, промежуточный холодильник между первой и второй ступенями. Эти компрессоры выполнены по оппозитной схеме (см. рис. 1, з). Их кривошипно-шатунные механизмы расположены по обе стороны коленчатого вала, причем кривошипы смежных рядов сдвинуты на 180 и имеют взаимно противоположное движение, что обеспечивает уравновешенность движущихся масс и поршневых сил. Компрессор выполнен без маховика.

В горной, машиностроительной, химической промышленности и в перерабатывающих отраслях России широкое применение нашли следующие ПК более ранних выпусков: ВП-50/8, ВП-20/8М, 2ВГ-100/8, 5Г-100/8, 55В и др. Параметры наиболее распространенных компрессоров приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры стационарных поршневых компрессоров, используемых в горной промышленности

Параметры, единицы измерения	2ВГ, 55В	5Г-100/8	4М10-100/8	2М10-50/8	ВП-50/8	ВП-30/8	ВП-20/8	ВП-10/8
Производительность, $м^3$/мин	100	100	100	50	50	30	20	10
Конечное избыточное давление, МПа	0,8							
Потребляемая мощность, кВт	592	570	540	565	275	159	110	57
Мощность двигателя, кВт	625	625	630	630	300	200	125	75
Частота вращения, об/мин	167	187	500	500	375	500	500	735
Напряжение, кВ	6	6	6	6	6	6	6	0,4
Число цилиндров, шт.	2	2	4	2	2	2	2	2
Диаметр цилиндра, мм 1 ступени	900	880	620	620	600	470	400	305
2 ступени	530	520	370	370	350	300	230	190
Ход поршня, мм	550	520	220	220	320	220	210	125
Масса, т	26	22	15	7,5	6,6	3,8	2,2	1,4

4. КОНСТРУКЦИИ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ

4.1. Компрессор 4М10-100/8

Компрессор 4М10-100/8, серийно выпускаемый Пензенским компрессорным заводом, предназначен для стационарных установок и служит для сжатия атмосферного воздуха до избыточного давления 0,8МПа. Он представляет собой оппозитную горизонтальную крейцкопфную четырехрядную поршневую машину двухступенчатого сжатия с четырьмя цилиндрами двойного действия. Привод – от синхронного электродвигателя СДК1-15-34-12, ротор которого закреплен на консольном конце вала компрессора. Техническая характеристика компрессорной установки приведена в табл. 2.

Фундаментальная рама 1 компрессора 4М10-100/8 рис. 2 – чугунная литая прямоугольной формы коробчатого сечения. В поперечных стенках рамы размещены опоры (постели) коренных подшипников, к продольным стенкам снаружи прикреплены фонари 4, являющиеся направляющими крейцкопфов 5. Фонари имеют жесткую связь с фундаментом через вертикальные стойки 6. Нижняя часть рамы служит маслосборником.

Таблица 2

Техническая характеристика компрессорной установки

Наименование	Ед. измерения	Величина
Компрессор		
Тип,		4М10-100/8
Производительность,	$м^3$/мин	100
Абсолютное давление:		
всасывания,	МПа	0,1
нагнетания	МПа	0,9
Частота вращения вала,	об/мин	500
Ход поршня,	мм	220
Число ступеней сжатия,	ед.	2
Число цилиндров в каждой ступени,	ед.	2
Диаметр цилиндров: 1-й ступени,	мм	620
2-й ступени	мм	370
Диаметр штока,	мм	60
Мощность на валу компрессора,	кВт	540
Расход масла для смазки цилиндров,	г/ч	252
Количество масла в картере,	л	200
Расход охлаждающей воды,	$м^3$/час	14,1
Основные размеры (без электродвигателя): ширина × длина × высота	мм	3215×4120×1465
Масса,	кг	10500
Электродвигатель		
Тип,		СДК2-17-26-12К
Исполнение,		открытое с самовентиляцией
Мощность,	кВт	630
Частота вращения,	об/мин	500
Ток,		переменный
Напряжение,	В	6000
Масса,	кг	4320

Цилиндры первой ступени (ЦНД) 2 и второй ступени (ЦВД) 3 – чугунные литые двойного действия. Цилиндр 1-й ступени состоит из корпуса 8 с “мокрой” втулкой, передней 10 и задней 7 конических крышек, в которых размещены прямоточные клапаны 13 разборной конструкции, унифицированные для 1-й и 2-й ступеней. Всасывающие и нагнетательные патрубки расположены по касательной к корпусу цилиндра, что обеспечивает плавный вход и выход газа.

В корпусах и крышках цилиндров имеются полости 9, которые образуют водяную рубашку ПК. В них под давлением циркулирует охлаждающая вода.

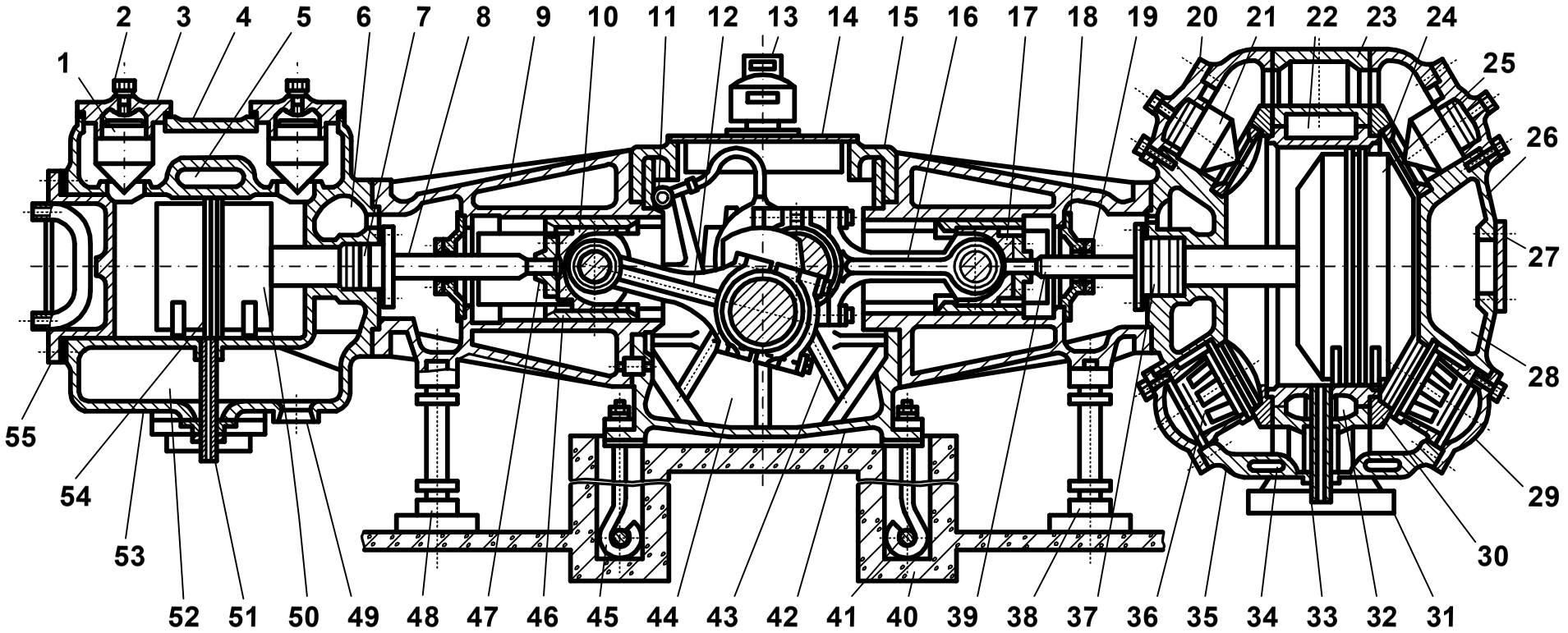


Рис. 2. Совмещенное поперечное сечение компрессора 4М10-100/8 по ЦВД и ЦНД:
1 и 21 – байпас ЦВД и ЦНД; 2 – пробка; 3 и 20 – крышка байпаса ЦВД и ЦНД; 4 и 53 – корпус ЦВД; 5, 6 и 52 – каналы водяной рубашки ЦВД; 7 и 37 – сальниковое уплотнение ЦВД и ЦНД; 8 и 39 – шток ЦВД и ЦНД; 9 и 16 – фонарь ЦВД и ЦНД; 10 и 17 – крейцкопф ЦВД и ЦНД; 11 – коллектор и маслопровод системы смазки подшипников; 12 и 16 – шатун ЦВД и ЦНД; 13 – сапун; 14 – крышка; 15 – крышка компрессора; 18 и 19 – крышки и уплотнение крейцкопфа ЦНД; 22, 28, 32 и 34 – каналы водяной рубашки ЦНД; 23 и 35 – корпус ЦНД; 24 – седло байпаса; 25 и 50 – поршень ЦНД и ЦВД; 26 и 55 – торцевая крышка ЦНД и ЦВД; 27 – заглушка; 29 – крышка всасывающего клапана ЦНД; 30 – уплотнительное кольцо; 31 – всасывающий патрубок; 33 и 52 – подвод смазки в ЦНД и ЦВД; 38 и 48 – стойка фонаря ЦНД и ЦВД; 40 – фундамент; 41 – закладной палец; 42 – фундаментальная рама; 43 – брызгало; 44 – картер; 45 – закладной анкерный болт; 46 и 47 – башмак и фланец крейцкопфа; 49 – подвод охлаждающей воды; 54 – поршневое кольцо; ЦВД и ЦНД – цилиндр высокого и низкого давления (цилиндр 2-й и 1-й ступени).

Дисковые скользящие поршни: 1-й ступени 11 – стальные сварные конической формы, 2-й ступени 12 – чугунные литые. Штоки 14 выполнены из углеродистой стали с поверхностным упрочнением. Шток каждого цилиндра жестко связан с крейцкопфом, который шарнирно соединен с шатуном. Второй конец шатуна через подшипник скольжения опирается на колено коренного вала компрессора. Коренной вал компрессора 16 имеет число колен равное числу цилиндров и опирается шейками на подшипники скольжения (это характерно для тихоходных компрессоров производительностью не более 100 $м^3$/мин). Сальники 17 – металлические с плоскими уплотняющими элементами.

Промежуточный холодильник – кожухо-трубный горизонтальный, расположен над компрессором (на рис. 2 не показан). Сжатый воздух движется в межтрубном пространстве, охлаждающая вода – по трубам.

Смазка механизма движения, цилиндров и сальников компрессора осуществляется от двух автономных агрегатов смазки. Смазка механизма движения осуществляется индустриальным маслом И45А (ГОСТ 20799-75) шестеренным насосом, подающим его через пластинчатый фильтр и маслоохладитель. Масло заливается в раму в количестве 180-200 литров, нижняя часть которой служит маслосборником. Смазка цилиндров и сальников производится компрессорным маслом КС-19 (ГОСТ 9243-59) плунжерным насосом (лубрикатором). Нормативный годовой расход смазки не более 2,2 т.

Компрессор 4М10-100/8 имеет буферные емкости (цилиндрические сосуды) перед 1-й ступенью и после 2-й ступени сжатия перед концевым охладителем, которые необходимы для устранения резонансных явлений, возникающих во всасывающем и нагнетательном трубопроводах в связи с пульсирующим характером движения в них воздуха.

Ротор синхронного электродвигателя закреплен на консоли коренного вала компрессора. Обладая значительной массой, ротор двигателя выполняет функцию маховика и сглаживает пульсации внешней нагрузки, что значительно упрощает конструкцию коренного вала.

Производительность ПК автоматически регулируется перепуском воздуха из полости сжатия в полость всасывания с помощью клапанов байпасов 18. Система ступенчатого регулирования действует на эти клапаны автоматически, поддерживая необходимое давление воздуха в сети (у потребителей). Предусмотрена возможность ручного регулирования производительности компрессора.

Система автоматизации установки обеспечивает:

– дистанционный программный пуск и остановку компрессора,
– дистанционный контроль всех основных параметров работы компрессорного агрегата,
– предупреждающую и аварийную сигнализацию,
– отключение и блокировку основного электродвигателя при отклонении параметров от допустимых,
– ступенчатое регулирование производительности компрессора свободным перепуском воздуха из каждой рабочей полости во всасывающую с помощью специальных клапанов.

Поршневой компрессор модели 4М10-100/8 комплектуется приборами и устройствами защиты:

– электроконтактные манометры на промежуточном охладителе, после ЦВД, на трубопроводах охлаждающей воды и системы смазки механизма движения;
– электронный самопишущий мост с малоинерционными термометрами сопротивления для измерения и записи температуры сжатого воздуха после ЦНД и ЦВД и на выходе из промежуточного охладителя (перед ЦВД), а также температуры масла на выходе из картера;
– пружинные предохранительные клапаны на промежуточном охладителе и на буферной емкости после 2-й ступени сжатия (ЦВД);
– измерительные приборы и устройства защиты электродвигателя.

С помощью аппаратуры защиты компрессор автоматически отключается и машинисту подается звуковой сигнал:

– при повышении температуры сжатого воздуха до 170 С в ЦВД;
– при повышении давления сжатого воздуха в воздухопроводе на 10% по сравнению с нормальным;
– при понижении давления масла в механизме движения и давления охлаждающей воды до 0,05 МПа.

Охлаждение компрессора – водяное с открытым сливом. Вода подводится к промежуточному и масляному холодильникам от коллектора. После выхода из промежуточного холодильника часть воды поступает в водяные рубашки цилиндров на охлаждение ЦНД и ЦВД.

Температура охлаждающей воды на выходе должна быть не более 40 С. Давление воды в рубашках ПК – не более 0,3 МПа. Регулировка количества подаваемой воды в различные точки производится посредством запорных вентилей.

При длительных остановках в холодное время года (ниже 0 С) воду из системы надо обязательно спустить. При работе следует регулярно следить (не менее 2-х раз в смену) за наличием слива воды из каждой охлаждаемой точки.

При установке электродвигателя компрессора особое внимание следует обращать на величину зазора между ротором и статором. Для уменьшения влияния веса ротора на вал компрессора необходимо смещать ось ротора относительно оси статора вверх на 1,5мм, т.е. при общем зазоре 11мм на диаметр необходимо вверху установить зазор в пределах 4,1–3,6 мм, тогда зазор внизу будет соответственно составлять 6,9–7,4 мм. Дальнейший монтаж электродвигателя производится в соответствии с инструкцией завода-изготовителя.

Одной из ответственных операций является монтаж промежуточного холодильника, буферных емкостей и воздухопровода. От точности монтажа этих узлов зависят надежность и долговечность работы компрессора. Удовлетворительным результатом правильности монтажа промежуточного холодильника, буферных емкостей и воздухопровода можно считать положение, когда общее отклонение цилиндров в горизонтальной и вертикальной плоскостях не превышает 0,08 мм при контроле индикатором и не более одного деления при контроле по уровню в сравнении с показаниями, когда на компрессоре не было установлено промежуточного холодильника и буферных емкостей 1-й и 2-й ступеней.

Во время работы компрессора оператор обязан следить за уровнем масла в картере, периодически пополнять лубрикатор маслом, ежедневно проверять исправность предохранительных клапанов, а также поступление масла к цилиндрам и сальникам открытием пробных краников на обратных клапанах.

Ремонт ПК должен производиться в сроки, установленные графиком, который утверждает главный инженер, главный механик (энергетик) предприятия.

При каждой остановке компрессора на осмотр или ремонт необходимо:

– замерять расхождение щек вала (раскеп – неперпендикулярность шатуна относительно шейки коленного вала) на расстоянии 200 мм от оси шатунной шейки. Раскеп замеряется на первой шатунной шейке со стороны электродвигателя. Предельно допустимая величина раскепа компрессора, находящегося в эксплуатации, – не более 0,1 мм;

– замерять величину масляных зазоров в подшипниках. Диаметральный масляный зазор между поверхностью шеек вала и поверхностью вкладышей должен составлять 0,11–0,18 мм. Диаметральный масляный зазор между верхним башмаком крейцкопфа и направляющей параллелью должен быть равным 0,16–0,27 мм;

– проверить состояние шатунных болтов (ремонту не подлежат). При обнаружении трещин, вмятин, ржавчины, сорванной резьбы шатунные болты следует заменять. Независимо от технического состояния шатунные болты подлежат замене после 18 000 часов работы;

– производить подтяжку гаек фундаментных болтов.

Требования к разборке механизма движения:

– затяжку гаек крепления крышек коренных подшипников производить равномерно, крестообразно и контролировать крутящим моментом величиной 17,5 кН·м, далее – углом поворота от отправной точки на 60–70 . При этом риски на гайке и крышке должны совпадать, а риска на шпильке должна быть перпендикулярна продольной оси рамы;

– затяжку шатунных болтов контролировать моментом 20 кН·м, далее – углом поворота от отправной точки на восемь делений.

Требования к соединению штока с крейцкопфом:

– резьба на штоке должна на одну две нитки выступать за торец фланца со стороны крейцкопфа;

– биение штока на длине хода в горизонтальной и вертикальной плоскостях не должно превышать 0,05 мм, при этом щуп на 0,03 мм не должен проходить между нижним башмаком и направляющей;

– торец штока должен плотно прилегать к шайбе;

– окончательная затяжка гаек крепления фланца к крейцкопфу контролируется моментом величиной 26 кН·м, после чего вторично проверяется биение штока Затяжку осуществлять обязательно крестообразно;

– затяжку поршневой гайки контролировать моментом, равным 120 кН м.

4.2. Компрессор 305ВП-30/8

Компрессор 305ВП-30/8 серии ВП рис. 3, выпускаемый заводом "Борец", предназначен для стационарных установок и служит для сжатия воздуха до избыточного давления 0,8 МПа. Он представляет собой прямоугольную крейцкопфную двухрядную поршневую машину двухступенчатого сжатия с двумя цилиндрами двойного действия. Привод выполнен синхронным двигателем БСДК-15-21-12, ротор которого закреплен на консольном конце коренного вала компрессора.

Чугунная литая рама компрессора 1 устанавливается на бетонном фундаменте 30 рис. 3. Поршень цилиндра низкого давления 1 3, расположенного вертикально и имеющего два всасывающий клапана 9 и два нагнетательных 12, связан штоком 7 через крейцкопф 3 и шатун 2 с коренным валом компрессора 6. Поршень имеет две конических поверхности ориентированные в противоположенные стороны, поэтому и крышка цилиндра и днище выполнены в форме усеченного конуса.

ЦВД расположен горизонтально и имеет два всасывающих клапана 23 и 24 и два нагнетательных клапана 26 и 28. Поршень ЦВД 25 жестко связан со штоком, а последний с крейцкопфом 4. Шатун 5 шарнирно связан крейцкопфом и с коренным валом. Поршень 25 имеет цилиндрическую форму, поэтому конструкция ЦВД более простая, чем ЦНД. Пространство, образованное цилиндром и кожухом – водяная "рубашка" соответствующего цилиндра. Сжатый воздух из ЦНД выталкивается поршнем через нагнетательный клапан в промежуточный холодильник 17, расположенный вертикально между ЦНД и ЦВД.

Полости водяных рубашек цилиндров и теплообменных трубок холодильника омываются охлаждающей водой. Вода циркулирует в системе теплообмена за счет избыточного давления до 0,3 МПа, которое создается, как правило, автономными насосами. При расположении компрессорной станции в горных выработках возможна подача воды из напорного противопожарного трубопровода. В виду быстроходности 305ВП-30/8 (см. табл. 1) коренной вал опирается на подшипники качения. Система смазки цилиндров и механизма движения здесь решена аналогично системе ПК 4М10-100/8. Заводом “Борец” разработан типажный ряд ПК серии ВП с производительностью: 6, 10, 20, 30, 40 и 50 $м^3$/мин, которые выпускаются им серийно. С техническими требованиями к монтажу, обслуживанию и ремонту компрессоров этого типа можно ознакомиться более подробно по специальной литературе [5] или на сайте завода.

Заводом “Борец” разработан типажный ряд ПК серии ВП с производительностью: 6, 10, 20, 30, 40 и 50 $м^3$/мин, которые выпускаются им серийно. С техническими требованиями к монтажу, обслуживанию и ремонту компрессоров этого типа можно ознакомиться более подробно по специальной литературе [5] или на сайте завода.

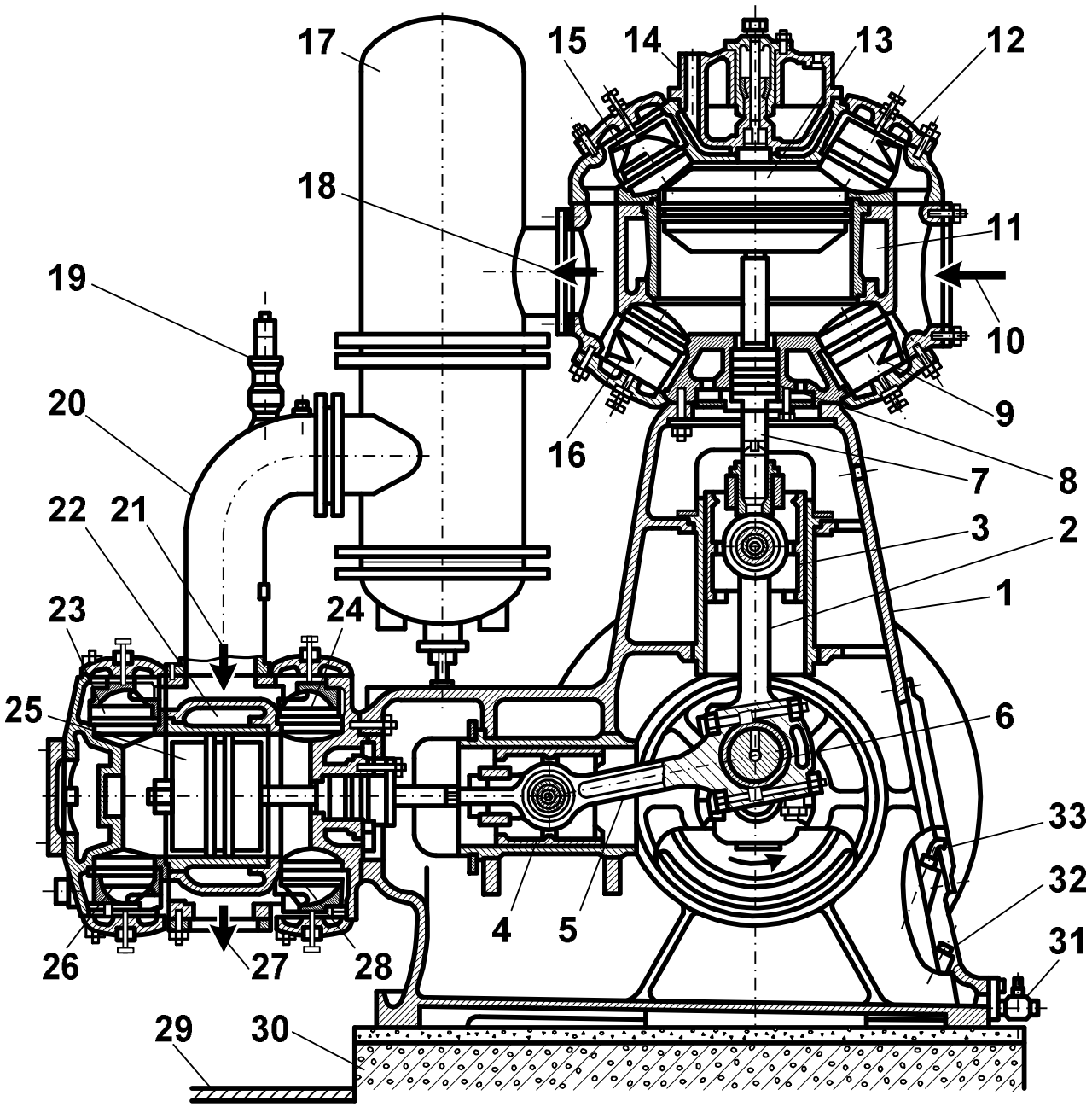


Рис. 3. Компрессор 305ВП-30/8:

1– рама, 2 и 5 – шатуны, 3 и 4 – крейцкопфы, 6 – коренной вал, 7 – шток ЦНД; 8 – сальниковое уплотнение ЦНД; 9 и 12 – всасывающие клапаны ЦНД; 10 – атмосферный воздух; 11 и 22 – водяная рубашка ЦНД и ЦВД; 13 и 25 – поршни ЦНД и ЦВД (1-й и 2-й ступеней), 14 – предохранительная коробка; 15 и 16 – нагнетательные клапаны ЦНД, 17 – промежуточный холодильник (ПХ), 18 – сжатый воздух из ЦНД, 19 – предохранительный клапан; 20 – отвод из ПХ; 21 – сжатый воздух из ПХ; 23 и 24 – всасывающие клапаны ЦВД; 26 и 28 – нагнетательные клапаны ЦВД; 29 – пол компрессорной станции; 30 – фундамент компрессора; 31 – сливной кран; 32 – контрольная пробка; 33 – щуп для контроля уровня масла

5. ОСНОВНЫЕ ДЕТАЛИ И УЗЛЫ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ

5.1. Цилиндры

Конструкции цилиндров ПК зависят от давления, производительности, схемы и назначения компрессора, способа охлаждения и материала цилиндров. Для давлений не более 6 МПа, а при малых размерах и при простых формах – не более 20 МПа цилиндры изготавливаются из чугуна. При давлениях от 6 до 30 МПа (компрессоры малых размеров) применяется стальное литье. При давлениях более 30 МПа цилиндры куют из конструкционных углеродистых или легированных сталей.

Чугунные цилиндры с водяной рубашкой и каналами, соединяющими клапаны со всасывающим и нагнетательным патрубками, представляют собой сложные двух- или трехстенные отливки (рис. 4 и рис. 5).

В чугунных цилиндрах всасывающие и нагнетательные клапаны расположены в клапанных коробках, отливка которых производится отдельно от крышек и собственно цилиндра. Такая конструкция цилиндра обладает высокой ремонтопригодностью при сравнительно низких затратах труда, что важно для эксплуатации поршневых компрессоров.

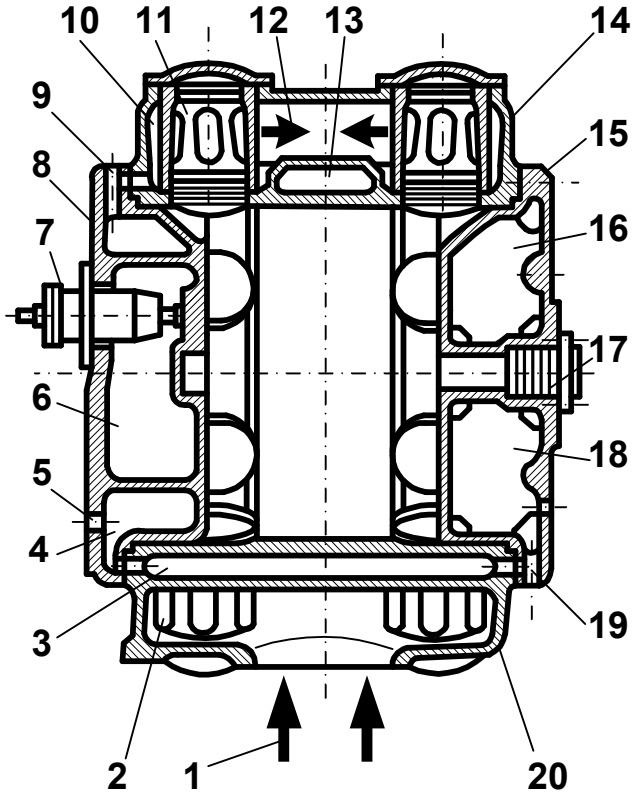


Рис. 4. Литой чугунный цилиндр с двумя торцевыми крышками:
1 и 12 – атмосферный и сжатый воздух; 2 и 11 – всасывающие и нагнетательные клапаны; 3, 4, 6, 10, 13, 16 и 18 – полости водяной рубашки; 5, 9 и 19 – каналы отвода и подвода охлаждающей воды; 7 – термодатчик; 8 и 15 – глухая и проходная торцевые крышки; 14 и 20 – клапанные коробки; 17 – сальниковое уплотнение

В конструкции цилиндра рис. 5 проходная крышка объединена с фонарем в неразборное изделие и дополнительно установлены съемные патрубки для подвода атмосферного воздуха и отвода – сжатого.

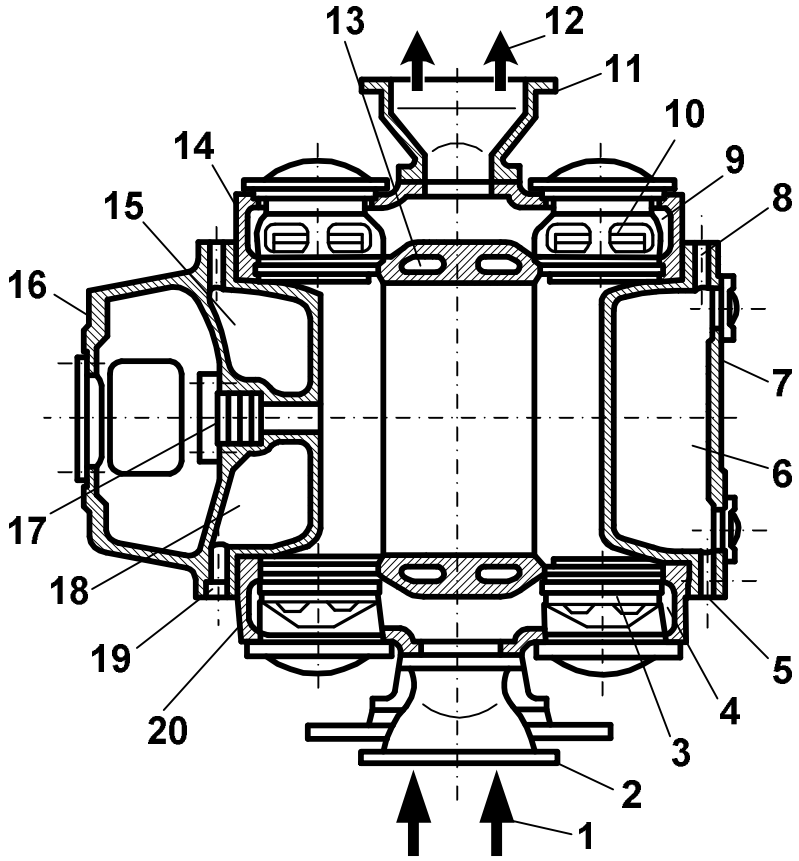


Рис.5. Литой чугунный цилиндр с крышкой, выполненной заодно с фонарем: 1 и 12 – атмосферный и сжатый воздух; 2 и 11 – всасывающий и нагнетательный патрубок; 3 и 10 – всасывающие и нагнетательные клапаны; 4, 6, 9, 13, 15 и 18 – полости водяной рубашки; 5, 8 и 19 – каналы отвода и подвода охлаждающей воды; 7 – глухая крышка; 14 и 20 – клапанные коробки; 16 – проходная крышка с фонарем; 17 – сальниковое уплотнение.

Стальную отливку цилиндра по технологическим причинам выполняют простой, что обеспечивает возможность для заварки раковин, которые неизбежны при литье в нормальных условиях. Упрощение формы иногда достигается применением съемного кожуха водяной рубашки (рис. 6).

Для упрощения отливки цилиндры часто выполняют сборными. Аналогично стальные кованые цилиндры изготовляют с отъемной кованой или литой клапанной коробкой. Рабочую поверхность цилиндра тщательно обрабатывают – шлифуют и даже притирают в серийном производстве.

В цилиндры иногда вставляют «сухие» втулки из перлитного чугуна, более высокого антифрикционного качества и улучшенной структуры по сравнению с обычным чугуном. В результате повышается качество рабочей поверхности, и снижаются требования к отливке цилиндров.

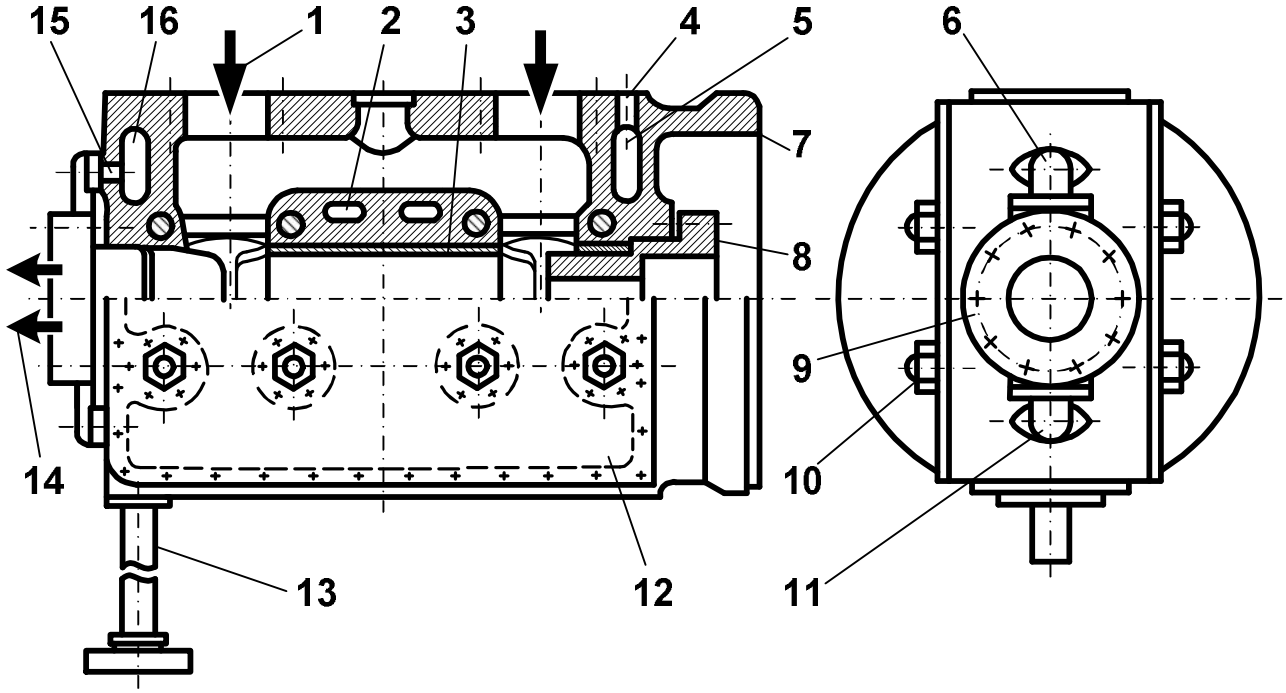


Рис. 6. Литой стальной цилиндр:
1 и 13 – атмосферный и сжатый воздух; 2, 5 и 16 – полости водяной рубашки; 3 – «сухая» втулка цилиндра; 4 и 15 – каналы подвода и отвода охлаждающей воды; 6 и 11 – перепускные трубки для охлаждающей воды; 7 – корпус цилиндра; 8 – втулка сальникового уплотнения; 9 – нагнетательный патрубок; 10 – шпильки; 12 – боковые крышки; 13 – стойка

В цилиндрах ПК осевые силы вызывают периодические упругие деформации коренного вала, которые при нескольких цилиндрах в ряду достигают величины 0,5–1,0мм. Кроме того, возникают тепловые деформации еще большие по величине. Учитывая предельные деформации, цилиндры горизонтальных компрессоров часто выполняют со скользящими подшипниковыми опорами или качающимися.

Сечения трубопроводов, примыкающих к цилиндрам, выбирают равным сечением патрубков или большим сечением в 1,5–2,0 раза.

Клапаны размещают в цилиндре или его крышке, так, что их оси расположены радиально, наклонно или параллельно оси цилиндра.

Радиальное расположение клапанов в цилиндре наиболее распространено в компрессорах средней и большой производительности и дает возможность разместить клапаны достаточно большого проходного сечения. Однако при этом увеличивается объем мертвого пространства. Размещение всасывающих и нагнетательных клапанов в крышках цилиндра одностороннего действия упрощает конструкцию и форму цилиндра.

Наклонное расположение клапанов в крышках выполняют в цилиндрах двойного действия компрессоров средней и большой производительности (без значительного увеличения объема мертвых пространств рис. 7).

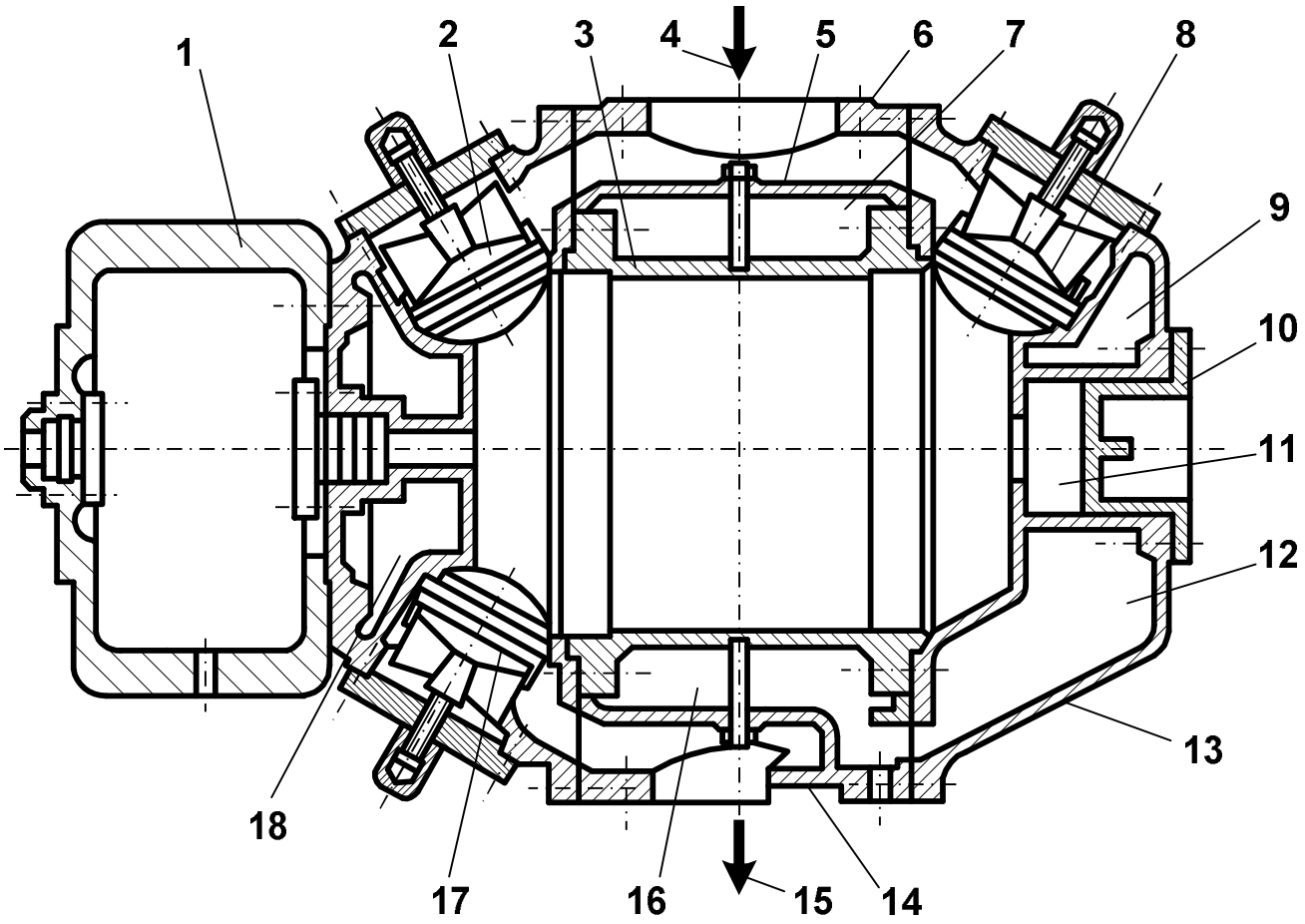


Рис. 7. Литой чугунный цилиндр двойного действия с наклонным расположением клапанов в крышках:
1 – фонарь; 2 и 8 – всасывающие клапаны; 3 – цилиндр; 4 и 15 – подвод и отвод воздуха; 5 – корпус водяной рубашки; 6 и 14 – верхняя и нижняя часть корпуса цилиндра; 7, 9, 12, 16 и 18 – каналы и полости водяной рубашки; 10 – заглушка; 13 – глухая крышка.

Вода к рубашкам цилиндров подводится снизу и отводится в самой верхней точке во избежание образования воздушных мешков. В случае воздушного охлаждения на внешней поверхности цилиндра выполняются кольцевые ребра.

5.2. Поршни

Поршни выполняются: открытыми (тронковые), дисковыми и дифференциальными (ступенчатыми) рис. 8.

Открытые (тронковые) поршни рис. 8.а применяются в бескрейцкопфных компрессорах, например рис. 1.д. При работе компрессора нормальная составляющая силы, действующей по шатуну, прижимает поршень к поверхности цилиндра. Максимальное значение нормальной составляющей соответствует началу нагнетания.

Тронковый литой поршень имеет форму стакана с 2-я радиальными отверстиями, выполненными соосно на расстоянии 2/3 его высоты со стороны днища.

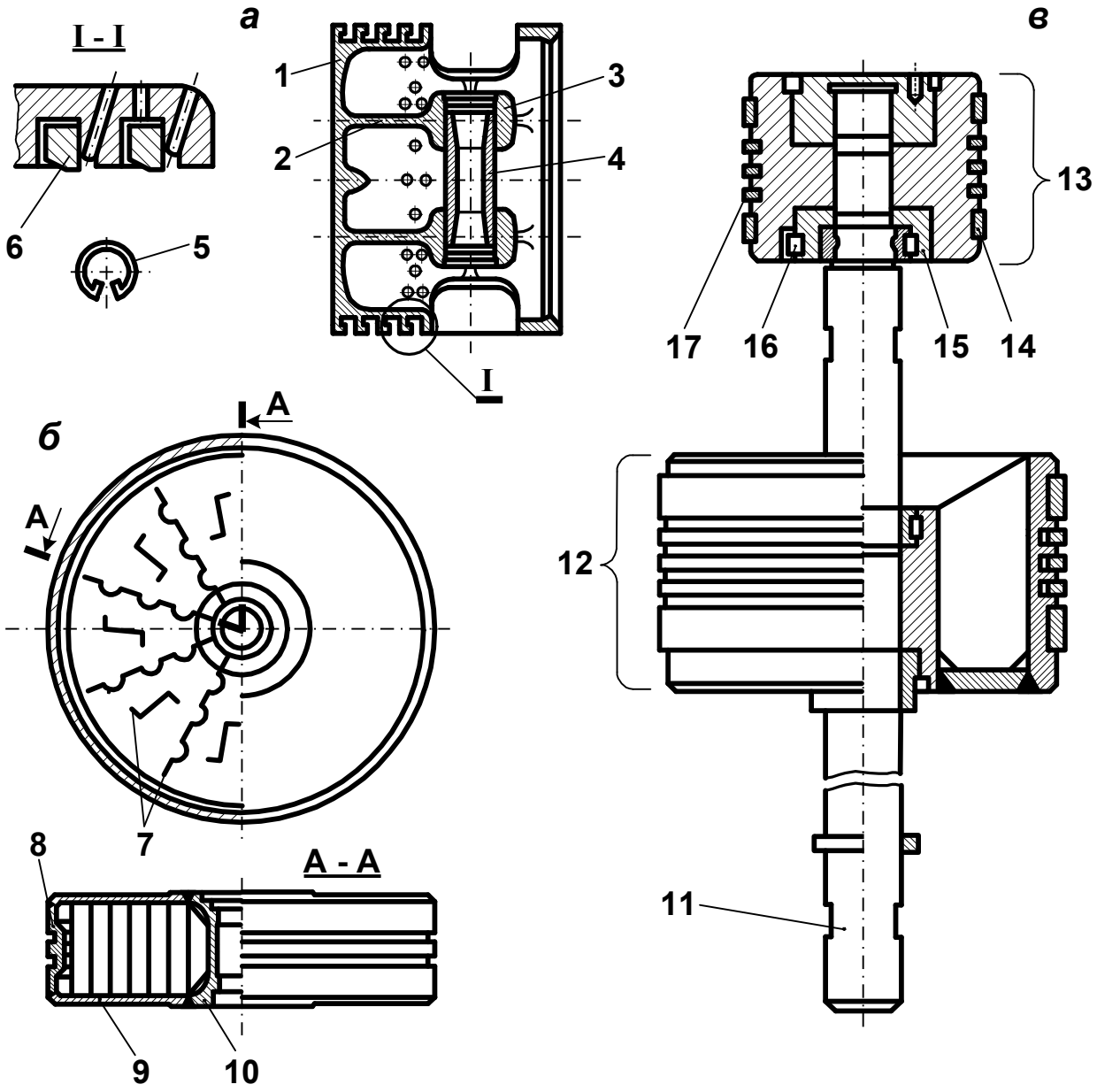


Рис. 8. Конструкции поршней компрессоров:
а – тронковый литой поршень облегченного типа, *б* – сварной дисковый поршень, *в* – дифференциальный составной,
1 – днище; 2 – стойка; 3 – проушина; 4 – втулка; 5 – стопорное кольцо; 6 – маслосъемное кольцо; 7 – ребра жесткости; 8 и 10 – внутренняя и наружная втулка; 9 – диск; 11 – шток; 12 и 13 – часть низкого и высокого давления поршня; 14 – баббитовое заливное кольцо; 15 – опорная втулка (кольцо); 16 – шарнир; 17 – компрессионные кольца

Внутри поршня на днище опираются две стойки, которые со стороны верхнего края стакана заканчиваются проушинами со сквозным отверстием, выполненным соосно с радиальным отверстием в юбке стакана. В отверстия проушин запрессована втулка для установки пальца, шарнирно соединяющего поршень с шатуном. В отверстии проушины со стороны стенки цилиндра выполнена

проточка для установки стопорного кольца, которое исключает возможность выпадение пальца.

Открытые поршни первой и второй ступеней обычно выполняют с четырьмя кольцами, два из которых, ближайшие к полости сжатия – уплотняющие (компрессионные), остальные – маслосъемные, которые предназначены для удаления с рабочей поверхности цилиндра излишек масла, попадающего из картера.

Для всех типов компрессоров желательна малая масса поршней, поэтому наряду с поршнями из алюминиевых сплавов, применяются стальные сварные и чугунные литые поршни облегченных конструкций.

Стальные дисковые поршни сварной конструкции рис. 8.б применяются в цилиндрах двойного действия. Диски поршня связаны между собой ребрами, внутренней втулкой для установки на шток и наружной втулкой для установки поршневых колец. Все элементы поршня соединены между собой сплошными сварными швами, что обеспечивает необходимую прочность и жесткость конструкции.

Дифференциальные поршни имеют более сложную конструкцию. В части высокого давления поршень выполняется цельным, а в части низкого давления – сварным рис. 8.в.

Для горизонтальных компрессоров поршни следует выполнять с заливкой баббитом одного или двух колец (несущих поверхностей), что снижает износ цилиндра в нижней части, облегчает приработку и восстановление изношенной поверхности. С этой же целью поршни низкого и высокого давления связаны шарниром с подпятником, что снижает продольную жесткость конструкции и износ всей рабочей поверхности цилиндра.

В сложных дифференциальных поршнях конструктивно предусмотрена самоустановка части низкого давления и части высокого давления по осям цилиндров, соответственно первой и второй ступени (низкого и высокого давления), что позволяет компенсировать несоосность, радиальное биение и другие неточности при изготовлении и сборке цилиндров и поршня. Это реализуется за счет установки опорных втулок и шарниров.

5.3. Поршневые кольца

Поршневое кольцо выполняется с прорезью – замком рис. 9. В свободном состоянии диаметр кольца несколько больше диаметра цилиндра. Поэтому кольцо, вставленное в цилиндр, за счет упругих свойств материала оказывает давление на его стенки и плотно прилегает к ней. Давление газа, действующее по внутреннему контуру кольца, приблизительно равно давлению перед кольцом. В канавку поршня кольцо входит свободно, с незначительным зазором. При работе компрессора кольцо под действием разности давлений перед ним и после него оказывается прижатым к торцу канавки. Основным источником потерь от неплотности является зазор в замке. Число колец на поршнях компрессоров зависит от развиваемого давления. При давлении до 0,5 МПа число колец 2–3, при давлении до 3 МПа – колец 3–6, при давлении до 12 МПа – колец 6–12, при давлении до 35 МПа – колец 12–24.

Утечка газа снижается при увеличении частоты вращения коренного вала ПК. Поэтому для высокооборотных компрессоров ограничиваются меньшим числом колец. Первые кольца воспринимают основной перепад давлений, возрастающий с увеличением скорости вращения привода.

Замок кольца может быть прямым, косым с прорезью в 45 или 60 и внахлестку. Замок внахлестку полностью не устраняет утечки, так как газ проникает под кольцо, затем через зазор в замке уходит.

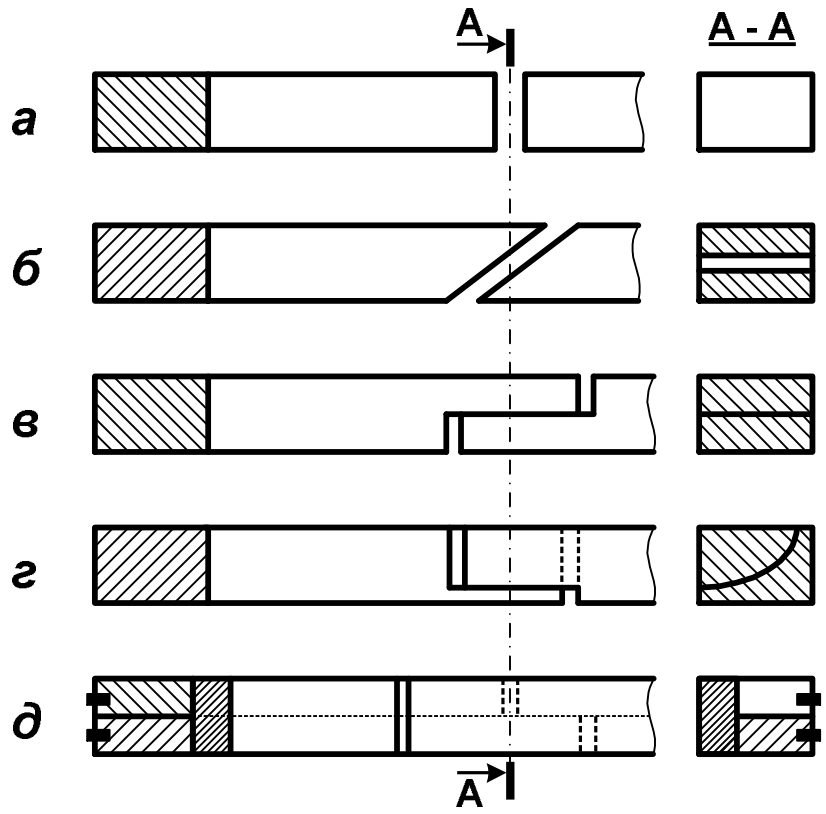


Рис. 9. Типы замков поршневых колец:
а – прямой, *б* – косой, *в* – внахлестку, *г* и *д* – герметичный

Для уменьшения утечек применяют кольца с левым и правым наклоном прорези и размещают их по окружности в разбежку, что приводит к увеличению гидравлического сопротивления пути перетечек газа. По мере износа колец и цилиндра утечки газа увеличиваются, и повышается вероятность заклинивания колец в пазах поршня.

Продолжительность работы поршневых колец зависит от качества материалов колец и цилиндра, а также их обработки. Кольца выполняются из высококачественного перлитового чугуна. Для сокращения износа материалы колец и втулок цилиндра должны обладать приблизительно одинаковой твердостью. Для уменьшения массы поршневых колец в настоящее время при их изготовлении все чаще применяются термостойкие пластмассы.

5.4. Сальниковые уплотнения (сальники)

На утечки влияют зазор в сальнике и вязкость смазки. При уменьшении зазора с 0,1 до 0,01 мм утечки уменьшаются в 1000 раз. Смазывание зазора жидкостью большей вязкости резко снижает утечки.

В ПК применяются главным образом самоуплотняющиеся сальники. Действие их основано на том, что полное давление газа на внешнюю поверхность уплотняющего элемента создает радиальное давление на шток, большее, чем сниженное давление в зазоре между этим элементом и штоком. Вследствие этого уплотняющий элемент всегда прижат к штоку.

Самоуплотняющиеся сальники выполняются манжетными и металлическими. Металлические сальники являются основным типом уплотнения штока. Их выполняют с плоскими и коническими уплотняющими элементами. В обоих случаях элементы сальника могут следовать радиальным смещениям оси штока и уплотнять его при значительном прогибе.

Сальники с плоскими уплотняющими элементами рис. 10.а имеют сравнительно простую конструкцию используются в ПК при давлениях до 2,0МПа. Для более высоких давлений устанавливаются дополнительные осевые пружины в камерах со стороны полости цилиндра, которые прижимают кольца сальника друг к другу и к торцевой стенке камеры, что увеличивает силу прижатия уплотняющего элемента к штоку и приводит к уменьшению зазора или поддерживает его постоянным.

При сжатии токсичных или взрывоопасных газов утечки газа через сальник отводятся во всасывающий трубопровод (вывод в атмосферу не допустим), а сальник дополняется камерой. Эту камеру, уплотняющую небольшой перепад давлений, выполняют более компактной, иногда с мягкой набивкой.

Отличительной способностью самоуплотняющихся сальников с коническими элементами является наличие одного радиального разреза, обеспечивающего эластичное облегание штока уплотняющим элементом. Такие сальниковые уплотнения рис. 10.б широко применяются в ПК работающих с высоким давлением (10МПа и более).

Уплотняющие элементы выполняются из бронзы и имеют трапециевидное сечение с широким основанием, прилегающим к штоку. Масло к сальнику с коническими уплотняющими элементами подводится через сверления в крышке. По сопрягающимся каналам во внешних камерах масло поступает в кольцевой зазор или небольшую камеру между первым и вторым уплотняющими элементами.

В ПК с давлением более 20 МПа предусматриваются два или три подвода смазки в различных точках по длине сальника, что повышает надежность ее подачи на все уплотняющие элементы, а не только на ближайшие к точке ее подвода. Утечка газа через самоуплотняющиеся сальники с коническими элементами незначительна. Шток для повышения срока службы подвергают поверхностной закалке и шлифовке. Наиболее высокую поверхностную твердость и износоустойчивость получают азотированием. Азотируемые штоки изготовляют из стали 35ХМЮА.

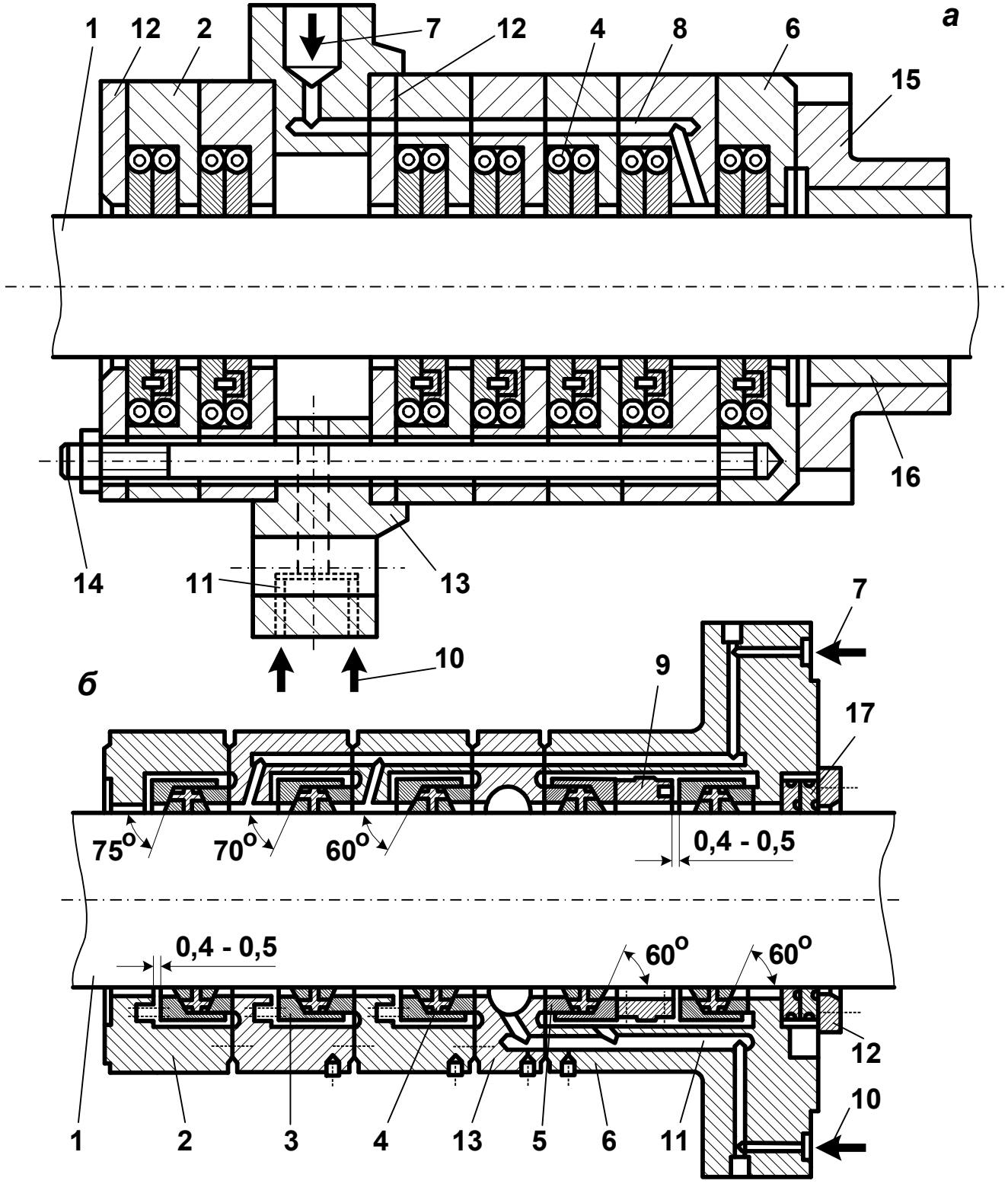


Рис. 10. Сальниковые уплотнения:
а и *б* – с плоскими и коническими уплотняющими элементами,
1 – шток; 2 и 6 – линейная и замыкающая обойма (втулка); 3, 5 – нажимной элемент; 4– уплотняющий элемент; 7 – инертный газ; 8 и 11 – каналы для подвода инертного газа и смазки; 9 – компенсирующий вкладыш (втулка); 10 – смазка; 12 – замыкающий диск; 13 – втулка с камерой; 14 – стягивающая шпилька; 15 – фланец; 16 – прижимная втулка; 17 – манжетное уплотнение

5.5. Клапаны

Наиболее ответственными узлами поршневых компрессоров являются воздухораспределительные устройства – всасывающие и нагнетательные клапаны. От работы этих клапанов в значительной мере зависят удельный расход энергии и производительность компрессора.

Клапаны должны удовлетворять следующим общим требованиям:
– обеспечивать плотность закрывания каналов,
– обладать минимальной инерционностью и достаточным быстродействием,
– иметь малый объем вредного пространства,
– иметь минимальное гидравлическое сопротивление,
– обладать износоустойчивостью и прочностью.

Чем быстроходнее компрессор, тем труднее создать клапан, полностью отвечающий вышеприведенным требованиям.

Пластины клапанов работают в сложных условиях – знакопеременных нагрузок и температур 430–450К, поэтому их изготовляют из высококачественных легированных сталей. Для надежной работы клапанов, коробки в которых они устанавливаются (клапанные коробки) необходимо интенсивно охлаждать.

В современных ПК применяются самодействующие пластинчатые клапаны, открывание и закрывание которых происходит автоматически под действием разности давлений воздуха (газа) на пластины клапана со стороны цилиндра и всасывающего или нагнетательного патрубка компрессора.

Основными элементами клапанов рис. 11 являются клапанные пластины (одна или несколько), седло, ограничители хода пластин и пружины (роль последних могут выполнять также самопружинящие пластины).

К основным параметрам, определяющим работу клапана, относятся: площадь проходного сечения, высота подъема пластин, скорость воздуха (газа) в каналах клапана и натяг пружин. Для устойчивой и бесшумной работы высота подъема пластин принимается 2–4 мм.

Пластинчатые клапаны снабжаются пластинами в форме дисков, колец, полос и называются дисковыми, кольцевыми, полосовыми.

Клапаны делятся на две группы по направлению движения потока воздуха относительно пластин. Первая с перпендикулярным направлением движения – непрямоточные клапаны. Вторая группа клапанов с параллельным направлением движения – прямоточные.

Названные выше клапаны (дисковые, кольцевые и полосовые) относятся к первой группе непрямоточных клапанов, у которых воздух (газ) многократно изменяет направление движения.

Прямоточные клапаны снабжаются пружинными пластинами, которые под давлением отгибаются по профилю седла, и воздух через клапан проходит, не изменяя своего направления движения. Это обеспечивает им ряд преимуществ: большее проходное сечение при одинаковых размерах клапанов, уменьшение потерь давления, меньшие объемы вредного пространства и массу пластин, герметичность прилегания пластин к опорным поверхностям и др.

Полосовые клапаны отличаются малой массой движущихся частей. Пластины клапана имеют прямоугольную форму и обладают пружинящими свойствами.

В свободном состоянии они прилегают к седлу, но под давлением газа выгибаются в пределах углублений, выполненных, по дуге в ограничителе подъема (рис. 11.). Шпонки препятствуют продольному сдвигу самопружинящих пластин.

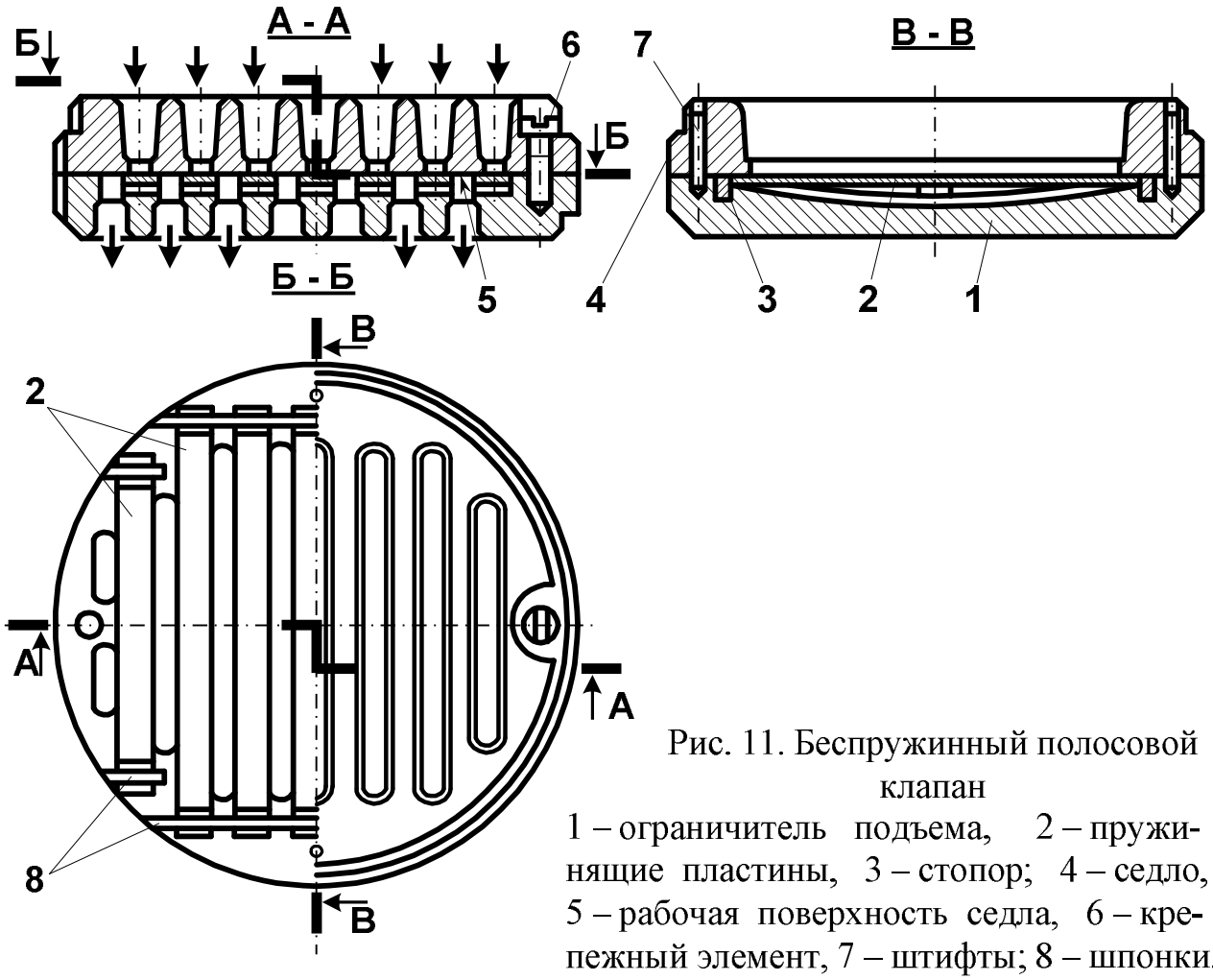


Рис. 11. Беспружинный полосовой клапан
1 – ограничитель подъема, 2 – пружинящие пластины, 3 – стопор; 4 – седло, 5 – рабочая поверхность седла, 6 – крепежный элемент, 7 – штифты; 8 – шпонки.

Дисковые клапаны выполняются с однопроходным (рис. 12.г) и многопроходным седлом и клапанной пластиной в виде диска (рис. 12.б, 12.в), снабженного дуговыми окнами для прохода газа.

Клапанная пластина в одной из разновидностей дискового клапана скреплена с буферной, вторая буферная пластина зажата в центре между седлом и ограничителем подъема (рис. 12.б). Пластина состоит из концентрических колец, соединенных радиальными перемычками. В ограничителе подъема расположены цилиндрические пружины, прижимающие пластину клапана к седлу.

Из-за сложности обработки пластин широкое распространение получили кольцевые и полосовые клапаны. Кольцевые клапаны просты и надежны, поэтому их применяют наиболее часто. В зависимости от необходимого проходного сечения число колец клапана может быть от одного до четырех, а иногда и более. Для направления колец в ограничителе подъема служат центрирующие выступы.

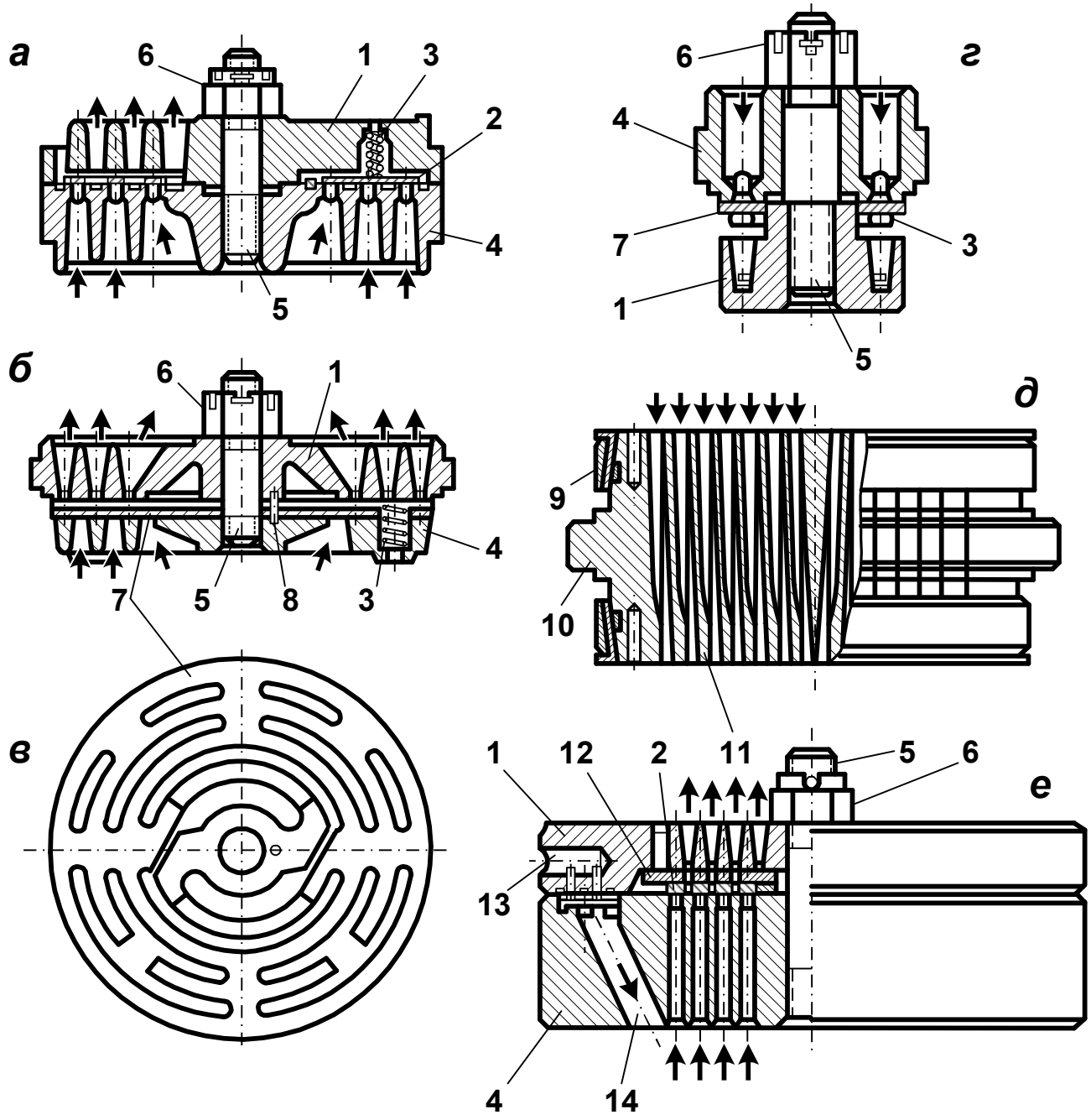


Рис. 12. Клапаны компрессоров:
а – полосовой пружинный, *б* – пружинный с дисковый, *в* – диск, *г* – кольцевой пружинный, *д* – наборный прямоточный, *е* – полосовой беспружинный,
1 – ограничитель подъема, 2 – пружинящие пластины, 3 – пружина; 4 – седло, 5 – шпилька, 6 – корончатая гайка, 7 – диск; 8 – штифт; 9 – стяжные кольца (бандаж); 10 – сегмент; 11 – наборный упругий элемент (клапан); 12 – прокладка; 13 и 14 – радиальный и диагональный канал

Кольцевой клапан выполняют с кольцевой, концентрически расположенной спиральной пружиной, одной для каждой кольцевой пластины, либо с несколькими (3–6) цилиндрическими местными пружинами, размещенными по окружности каждого кольца (рис. 12.г).

Клапаны высокого давления обычно выполняются кольцевыми. От клапанов низкого давления они отличаются прочностью основных деталей, прежде всего седла, которые изготовляют кованным с просверленными каналами. Для цилиндров одностороннего действия применяются комбинированные клапаны, их располагают в крышке цилиндра. При комбинированных клапанах полнее используется площадь крышки цилиндра, увеличиваются сечения каналов в клапане и снижается скорость движения газа (рис. 12.е).

Прямоточные клапаны (рис. 12.д) состоят из комплектов седел и примыкающих к ним упругих пластин. Рабочая поверхность седла имеет пазы, которые разделены перемычками и служат проточными каналами. На тыльной стороне седла выполнена широкая ниша с клиновидным скосом, в которую отгибается пластика при открытии клапана. Профиль клиновидного скоса, образованный двумя плоскостями, расположенными под небольшим углом друг к другу, близок к профилю изогнутой пластины в открытом клапане.

Самопружинящая пластина зажимается по П-образному контуру между соседними седлами и выполнена из тонкой стальной пружинящей ленты. На концах пластины сделаны поперечные прорези, благодаря которым ее средняя часть может свободно отгибаться. Элементы прямоточных клапанов скреплены стяжными кольцами (бандаж), надетыми в горячем состоянии (рис. 12.д). Седла выступают над свободной кромкой пластин, образуя выходные диффузоры, которые, как показали исследования, уменьшают потери давления на 25%.

К преимуществам прямоточных клапанов следует отнести меньшее, чем у кольцевых клапанов, сопротивление и объем мертвого пространства. Эластичная пластина клапана хорошо прилегает к седлу и, будучи зажатой, между седлами, не имеет боковых смещений. В процессе эксплуатации пластина хорошо прирабатывается к седлу, мало изнашиваясь. В каналах прямоточного клапана почти нет завихрений газа и мертвых зон и потому нет отложений нагара.

Ширина уплотняющей кромки клапанов различных типов от 1,0 до 2,5 мм. Толщина пластин клапанов: кольцевых – от 1,0 до 3,0 мм. Толщина гибких пластин полосовых клапанов от 0,5 до 1,0 мм. Для круглых прямоточных клапанов толщина пластин 0,3–0,4 мм.

Основной причиной разрушения клапанов являются удары пластины об ограничитель подъема и седло. Удары усиливаются при излишней смазке и плохом отделении влаги: пластина прилипает к седлу и ограничителю подъема, начало открытий и закрытия задерживается и посадка пластины происходит с ударом. Усиливают удары пластины также волны в потоке газа, возникающие во всасывающем и нагнетательном трубопроводе. Удары вызывают поломку не только пластин, но в отдельных случаях ограничителя подъема и шпильку, связывающую ограничитель с седлом.

Поломка деталей клапана может стать причиной возникновения аварийной ситуации в эксплуатации компрессора.

6. СИСТЕМЫ СМАЗКИ ПОРШНЕВОГО КОМПРЕССОРА

6.1. Смазка компрессора

Смазка в ПК применяется для снижения износа трущихся поверхностей, уменьшения затраты энергии на трение, охлаждения трущихся поверхностей механизма движения, уплотнения рабочей полости цилиндра и повышения герметичности поршня и сальников. В бескрейцкопфных компрессорах цилиндры и механизм движения смазываются одним и тем же маслом, залитым в картер. В крейцкопфных ПК для механизма движения применяются индустриальные (машинные) масла, а для цилиндров – компрессорные и другие масла и смазывающие жидкости в зависимости от вида сжимаемого газа.

6.2. Смазка цилиндров

Смазка цилиндров производится одним из трех способов разбрызгиванием масла из картера, вводом распыленного масла в струю всасываемого газа, подачей под давлением масла на рабочую поверхность.

Смазка разбрызгиванием осуществляется только в бескрейцкопфных ПК. Источником брызг является масло, захватываемое специальными штырями на шатунах из картера или вытекающее из шатунных подшипников, если последние смазываются принудительно. Оседая на рабочей поверхности цилиндра, открываемой движущимся поршнем, масло при последующих оборотах вала увлекается поршнем и наносится им на остальную поверхность. Существенный недостаток этой системы смазки - невозможность регулирования расхода масла, уносимого в цилиндры.

Этот расход, как правило, значительно больше требуемого. Смазка цилиндров распыливанием производится в тех случаях, когда невозможно применить разбрызгивание. При смазке распыленным маслом часть его не попадает на рабочую поверхность цилиндров, тесный же контакт с газом увеличивает унос масла, усиливает загрязнение газа и понижает качество масла. Такая смазка применяется в кислородных компрессорах с употреблением специальной смазывающей жидкости.

Смазка цилиндров под давлением применяется главным образом в крейцкопфных ПК. Смазку сальников также производят под давлением, для чего предусматривают 1–3 ввода в полость сальников. Учитывая необходимость строгого регулирования подачи масла, а также различные давления в цилиндрах разных ступеней сжатия, для смазки цилиндров применяют лубрикаторы, т.е. плунжерные насосы с несколькими поршнями. Каждый поршень (плунжер) действует как отдельный насос и питает только один ввод, имея индивидуальную регулировку подачи, контролируемую визуально. Привод лубрикаторов - от крейцкопфа или коренного вала. Поступление масла к отдельным точкам проверяется путем открытия пробных краников обратных клапанов.

Для подачи масла до пуска компрессора в лубрикаторах предусмотрено устройство для проворачивания вручную. В крупных компрессорах привод лубрикаторов осуществляют от отдельного электродвигателя.

Для смазки цилиндров и сальников в большинстве ПК применяется масло компрессорное КС-19 (ГОСТ 9243-79). Ориентировочный расход масла 2–3 г/час на каждый 1 м^3/мин производительности ПК.

6.3. Смазка механизма движения

Подвод масла к трущимся поверхностям механизма движения осуществляют разбрызгиванием или принудительно. Смазка механизма движения разбрызгиванием имеет простое устройство, но не обеспечивает эффективного отвода теплоты и требует поддержания определенного уровня масла в картере компрессора. Кроме того, масло, залитое в картер, в процессе работы не фильтруется. Загрязнение масла усиливает износ машины.

В циркуляционную систему смазки механизма движения входят: насос, система трубопроводов, масляный холодильник, фильтры грубой и тонкой очистки, обратный клапан, запорные вентили, спускной кран, перепускной клапан, маслосборник. Давление масла в системе выбирают от 0,1 до 0,4 МПа – большие значения для высокооборотных компрессоров. В небольших компрессорах часто в качестве маслосборника используют поддон картера.

При циркуляционной смазке обычно применяют шестеренные насосы, приводимые в действие от вала компрессора. Шестеренные насосы для компрессоров мощностью 500 кВт и выше снабжаются индивидуальным приводом для включения их до пуска компрессора. Из-за опасности пуска компрессора без смазки двигатель компрессора блокируется с системой смазки, при которой электрическая цепь включается лишь при подаче масла в систему.

Объем маслосборника ПК определяется из расчета 2 литра на 1 м^3/мин его производительности. При эксплуатации допустимые колебания уровня масла должны находиться в пределах высоты просматриваемой части смотрового стекла. Перед обкаткой машины необходимо отсоединить трубопровод смазки механизма движения от рамы и промыть его, прокачивая чистое масло не менее 2-х часов рабочим маслонасосом. Система промывки не должна быть замкнутой. Отработанное масло нужно сливать в отдельную емкость. После обкатки и опробования машины под нагрузкой необходимо производить полную замену масла. При смене масла нужно очистить от грязи картер, приемный и пластинчатые фильтры, промыть их, вытереть насухо, продуть воздухом.

Для смазки механизма движения (коренные подшипники, кривошипные головки шатунов, параллели рам и крейцкопфные головки шатунов) должно применяться масло индустриальное И45А (ГОСТ 20799–75).

Контроль качества масла, циркулирующего в системе, производится периодически взятием пробы масла на анализ. Срок службы компрессорного масла обычно 2000–2500 часов. Масло подлежит немедленной замене, если:

– содержание воды в нем превышает 2,5%,
– кислотность повысилась более чем на 15%,
– вязкость повысилась более чем на 25%,
– содержание механических примесей – более 2%.

Масляные фильтры должны очищаться в установленные сроки, но не реже 1 раза в 2 месяца.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Картавый, Н. Г. Стационарные машины. – М.: Недра, 1981. – 327 с.
2. Хаджиков, Р. Н. Горная механика / Р. Н. Хаджиков, С. А. Бутаков. – М.: Недра, 1982. – 407 с.
3. Стационарные установки шахт / под общ. ред. Б. Ф. Братченко. – М.: Недра, 1977. – 440 с.
4. Алексеев, В. В. Стационарные машины. – М.: Недра, 1989. – 416 с.
5. Малашкина, В. А. Ремонт и эксплуатация стационарного оборудования шахт: Справочник рабочего / В. А. Малашкина, В. Б. Малеев. – М.: Недра, 1990. – 320 с.
6. Михайлов, А. К. Компрессорные машины. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 288 с.