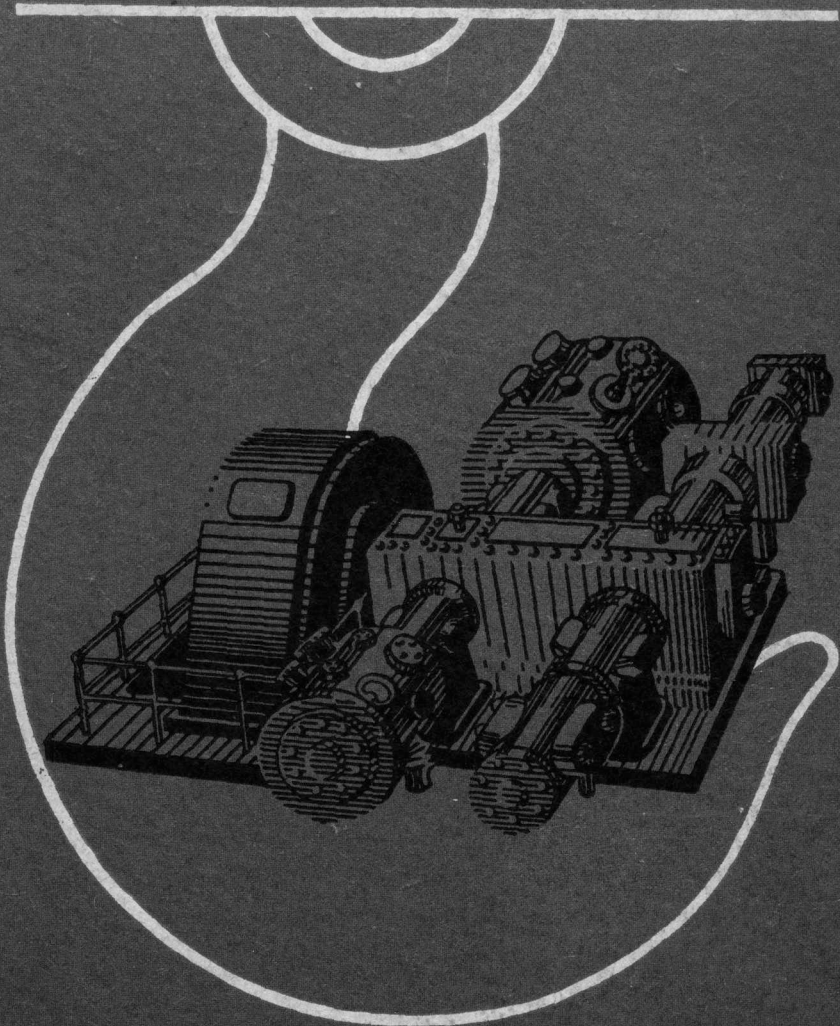


Л.М.ГИДОН

# МОНТАЖ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ



Л. М. ГИДОН

# МОНТАЖ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ

---

*Издание 2-е,  
переработанное и дополненное*

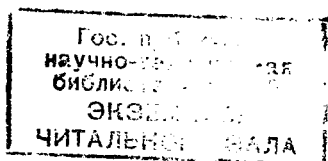
КОНТРОЛЬНЫЙ  
ЭКЗЕМПЛЯР



Москва  
„МАШИНОСТРОЕНИЕ“  
1974

Г46

УДК 621.512.002.72



*В*  
*2.9.74*

*74-21489*

Гидон Л. М. Монтаж поршневых компрессоров. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Машиностроение», 1974, 232 с.

В книге описаны современные способы монтажа стационарных поршневых компрессоров и их оборудования. Даны конкретные рекомендации по монтажу, связанные с особенностями конструкции и условиями поставки компрессора на монтажную площадку (в сборе, отдельными узлами и т. д.).

Приведены характерные монтажные зазоры и допуски, соблюдаемые при монтаже компрессоров.

Книга предназначена для мастеров, бригадиров и слесарей, связанных с монтажом и капитальным ремонтом поршневых компрессоров.

Ил. 82. Табл. 4. Список лит. 18 назв.

Рецензент инж. С. Г. СОКОЛОВ

Г  $\frac{31306-125}{038(01)-74}$  125-74

© Издательство «Машиностроение», 1974 г.

Поршневые компрессоры применяются во всех отраслях народного хозяйства, где требуется сжатый воздух или газ для эксплуатационных или технологических целей. Наиболее часто эти машины встречаются на установках нефтепереработки, в нефтехимических и химических производствах и на газопроводах.

По мере развития этих отраслей увеличивается и количество монтируемых компрессоров. Разнообразие поршневых компрессоров по форме, габаритным размерам, мощности и числу ступеней сжатия, а также использование их в широком диапазоне производительности (до 25 000 м<sup>3</sup>/ч) и давления (до 2500 кгс/см<sup>2</sup>) требуют соответствующей подготовки монтажного персонала.

Автор полагает, что читатель знаком с конструкцией поршневых компрессоров, поэтому в книге даны лишь их краткие монтажные характеристики.

Технология монтажа дается развернуто с учетом не только новых компрессоров, поступающих на площадку в сборе или укрупненными узлами (блоками), но и компрессоров, бывших в эксплуатации и после капитального ремонта, которые подвергались демонтажу и разборке.

Рассмотрены особенности монтажа наиболее распространенных конструкций стационарных компрессоров массой до 250 т с оппозитным, горизонтальным односторонним, угловым и вертикальным расположением цилиндров.

Для проведения ревизий и сборки, связанной с устранением возможных неисправностей в период пуска и испытания компрессоров, ряд монтажных операций дан с учетом укрупнительных — подетальных монтажных зазоров и допусков, обычно опускаемых при монтаже блоками и узлами.

Для удобства пользования в отдельную главу выделены вопросы подготовки, пуска и наладки компрессора и его систем, требования к монтажному и эксплуатационному персоналу, а также способы обнаружения и устранения различных нарушений ритма работы.

Внедрение в современное компрессоростроение высокой степени сборности, унифицированных баз и узлов, а также консервационных смазок, не требующих разборки для их удаления, позволяет несколько упростить ряд монтажных операций при установке машин, центровка осей и т. д. Однако для эксплуатационной надежности не следует снижать рекомендуемую точность выполнения монтажных работ, проверяя ее практикой.

Во второе издание книги внесены дополнения, касающиеся новых монтажных приемов и вновь освоенных машин.

Все замечания по книге автор просит направлять в адрес издательства.

## КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ

---

Поршневые компрессоры предназначены для сжатия воздуха или различных газов. С точки зрения монтажа представляют интерес следующие характеристики компрессоров.

**Производительность**, определяемая количеством всасываемого и сжимаемого воздуха или газа и зависящая от диаметра цилиндра, длины хода поршня и скорости вращения вала. Различают три категории компрессоров: малой (до 10 м<sup>3</sup>/мин), средней (10—100 м<sup>3</sup>/мин) и большой производительности (свыше 100 м<sup>3</sup>/мин).

**Конечное избыточное давление нагнетания**, которые для компрессоров низкого давления ограничено 25, среднего 100, высокого 350 кгс/см<sup>2</sup>; для компрессоров сверхвысокого давления конечное давление нагнетания превышает 350 кгс/см<sup>2</sup>. Компрессора низкого давления применяются на установках для сжатия воздуха; компрессора среднего давления — на установках для сжижения, разделения и транспортирования газов в химической, нефтеперерабатывающей и газовой промышленности; компрессоров высокого и сверхвысокого давлений — на установках для синтеза газов. В производстве синтеза полиэтилена применяются поршневые компрессоры с избыточным давлением нагнетания до 2500 кгс/см<sup>2</sup>.

**Способ действия**. В компрессорах простого действия газ сжимается с одной рабочей стороны поршня. В компрессорах двойного действия обе стороны поршня являются рабочими. К первому типу относятся все бескрейцкопфные вертикальные компрессоры небольшой производительности, ко второму — все крейцкопфные.

**Конструктивное исполнение**. По расположению осей рабочих цилиндров компрессоры раз-

деляются на вертикальные, горизонтальные и угловые, по количеству рядов цилиндров — на однорядные, двухрядные и т. д., по расположению цилиндров — на компрессоры с параллельным и последовательным расположением цилиндров, по характеру соединения кривошипного механизма с поршнем — на крейцкопфные и бескрейцкопфные, по способу охлаждения цилиндров и сжатого газа — на компрессоры с водяным и воздушным охлаждением, по характеру привода — на компрессоры с приводом от электродвигателя и паровой машины.

**Ч и с л о ц и л и н д р о в.** По числу цилиндров компрессоры разделяют на одно-, двух- и многоцилиндровые.

**С п о с о б с ж а т и я.** Одноступенчатый, когда один или несколько цилиндров, работающих параллельно, подают сжимаемый газ в один общий трубопровод; двухступенчатый, когда это сжатие происходит последовательно в двух цилиндрах с разным давлением, и многоступенчатый, когда число последовательно работающих цилиндров более двух.

**С ж и м а е м а я с р е д а.** В зависимости от сжимаемой среды компрессоры бывают воздушными, аммиачными, азотными, углекислотными, пропановыми и т. д.

**С п о с о б у с т а н о в к и.** Передвижные и переносные компрессоры поставляют собранными на одной раме или шасси с двигателем (например, бескрейцкопфные компрессоры небольшой производительности) и монтажа не требуют. Стационарные компрессоры устанавливают на железобетонных фундаментах в специальных помещениях (компрессорных станциях или машинных залах технологических установок).

Компрессоры малой и средней производительности поступают на монтаж в собранном и законсервированном виде так, чтобы в дальнейшем не требовалась их разборка для ревизии и пуска.

Отдельные компрессоры средней производительности и все компрессоры большой производительности обычно поставляются отдельными узлами; предварительно на заводе производится их контрольная сборка и обкатка. Узлы консервируются так, чтобы при монтаже не производить их разборки.

При конструировании серийных компрессоров используют несколько постоянных баз, представляющих совокупность рамы-картера, крейцкопфных направляющих и кривошипно-шатунного механизма. Применяя разные

по диаметру цилиндры и изменяя порядок их соединения (параллельное или последовательное), на одной и той же базе изготавливают компрессоры с различными рабочими характеристиками.

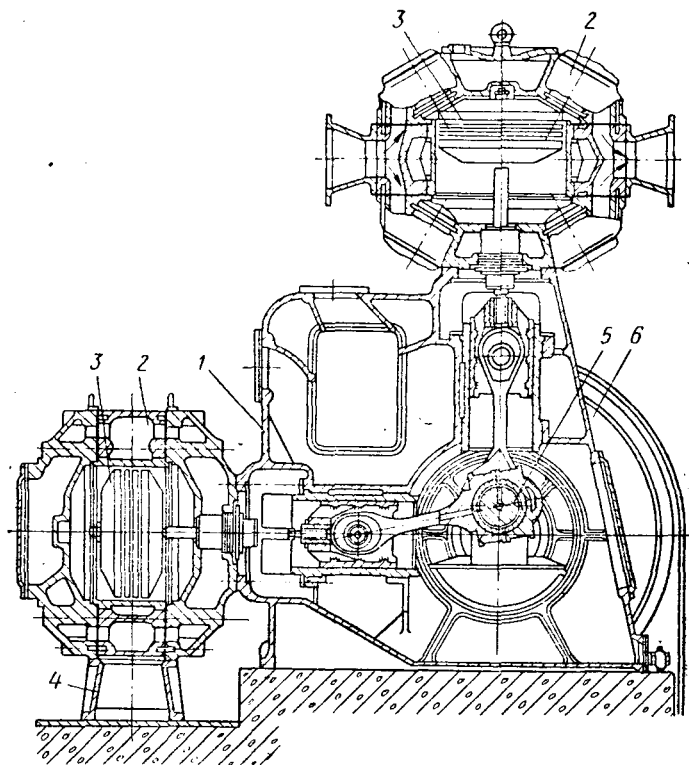


Рис. 1. Угловой компрессор с прямоугольным расположением осей цилиндров:

1 — рама-картер; 2 — цилиндр; 3 — поршень; 4 — опора; 5 — коленчатый вал; 6 — электродвигатель

Рабочая характеристика компрессора указывается в его марке в виде дробного числа. В числителе приводится производительность компрессора, в знаменателе — избыточное давление нагнетания (например, 305ВП-20/8 или 4М10-100/8). В знаменателе марки дожимного компрессора указывается давление, при котором начинается сжатие газа, и давление нагнетания (например, 2М16-20/42-60). Цифровые и буквенные обозначения, пред-



шествующие рабочей характеристике компрессора, указывают для старых марок тип, модель или назначение, а для новых марок — размер базы и назначение.

Ниже кратко описаны наиболее часто встречающиеся стационарные компрессоры.

**Угловые компрессоры.** Крейцкопфные угловые компрессоры двойного действия с прямоугольным расположением осей цилиндров (рис. 1) имеют чугунную литую раму 1 с картером, выполненную за одно целое с направляющими крейцкопфов. Цилиндр горизонтального ряда имеет скользящую опору 4. Одноколенчатый, двухопорный вал 5 в компрессоре установлен на конических роликовых подшипниках, оба шатуна присоединены к одному кривошипу. Цилиндры 2 обычно выполняют цельными или со вставными втулками, поршни 3 — чугунными, литыми или стальными сварными. Некоторые типы компрессоров приводятся через клиноременную передачу и шкив, закрепленный на консольном конце вала. У больших компрессоров ротор синхронного электродвигателя 6 непосредственно насажен на вал компрессора. Система смазки циркуляционная (масло подается шестеренчатым насосом, который приводится от коленчатого вала); для смазки цилиндров и сальников применяется лубрикатор. В компрессорах, работающих без смазки цилиндров, поршневые кольца и сальники изготовляют из материалов на фторопластовой основе, иногда графитовые. Клапаны пластинчатые кольцевые самодействующие. Охлаждение цилиндров — водяное.

Компрессоры с прямоугольным расположением осей цилиндров выпускаются на нескольких отличающихся размерами базах 2П, 5П, 3П и 7П. Компрессоры предназначены для низких, средних и высоких давлений и имеют в зависимости от рабочей характеристики от одной до пяти ступеней сжатия. В одноступенчатых компрессорах цилиндры вертикального и горизонтального рядов работают параллельно. Цифры 2; 5; 3 и 7 обозначают наибольшее усилие в тоннах по штоку, буква П указывает тип компрессора (прямоугольный).

В зависимости от сжимаемой среды (воздух или газ) в марку компрессора вводят соответствующую букву (2ВП, 5ВП и 2ГП, 5ГП, 7ГП), цифрами 10, 20 и т. д. обозначают порядок модернизации — первая, вторая и т. д. (202ВП, 305ГП), а буквой С (вместо ноля) — что цилиндр и сальники работают без подачи смазки (2С2ВП).

Компрессоры угловые простого действия бескрейцкопфные с У- и УУ-образным расположением осей цилиндров показаны на рис. 2. При У-образном расположении (рис. 2, а) оси наклонены под углом  $45^\circ$  к горизонтали. Компрессор имеет один или два ряда У-образно расположенных цилиндров 3. При УУ-образном расположении (рис. 2, б) одна ось вертикальна, а две другие наклонены с горизонтали под углом  $22,5^\circ$  (число рядов цилиндров три или шесть).

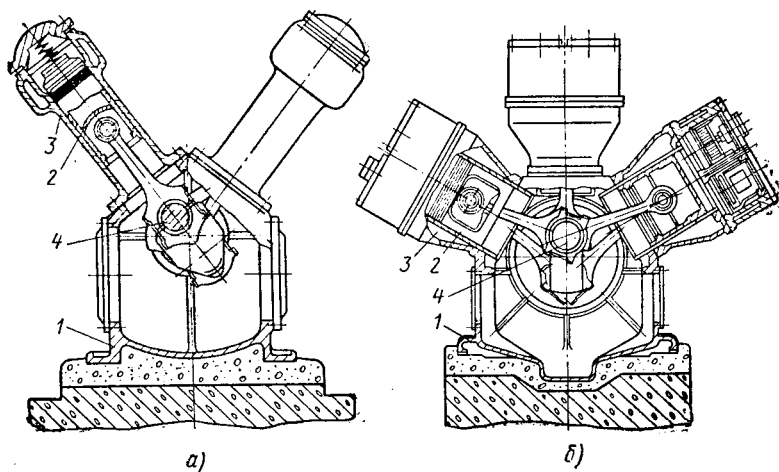


Рис. 2. Угловые У-образный (а) и УУ-образный (б) компрессоры: 1—рама-картер; 2 — поршень; 3 — цилиндр; 4 — коленчатый вал

Рама компрессора — чугунная литая с масляной ванной. Коленчатый вал 4 установлен на конических роликовых подшипниках, число колен вала равно количеству рядов цилиндров. Поршни 2 — тронкового типа; для цилиндров 3 в зависимости от степени сжатия применяют воздушное или водяное охлаждение, клапаны самодействующие пластинчатые дисковые. Смазка механизма движения и цилиндров осуществляется разбрызгиванием из картера. Компрессор приводится от электродвигателя, установленного на одной с ним раме и соединенного упругой муфтой, а иногда и от клиноременной передачи. При сжатии воздуха в компрессорах низкого и среднего давлений, а также аммиака и фреона в холодильных установках используются одна или две степени сжатия.

К компрессорам с У-образным расположением осей цилиндров относятся, например, воздушные — типов К и КС, холодильные одноступенчатые на аммиаке (АУ) или фреоне (ФУ) и холодильные двухступенчатые на аммиаке (ДАУ). Примером машин с УУ-образным расположением цилиндров могут служить аммиачные компрессоры типов АУУ и ДУУ. Газомотокомпрессоры представляют собой сочетание четырехтактного газового двигателя внутреннего сгорания с вертикальным У-образным расположением осей цилиндров и компрессора с одной-тремя ступенями сжатия простого действия, бескрейцкопфного. Цилиндры компрессора расположены горизонтально и примыкают к раме двигателя; коленчатый вал общий. Газомотокомпрессоры устанавливаются на газоперекачивающих компрессорных станциях газопроводов. Топливом для двигателей внутреннего сгорания служит перекачиваемый газ.

**Вертикальные компрессоры.** В крейцкопфных компрессорах двойного действия с вертикальным расположением осей цилиндров (рис. 3) внутри чугунной литой рамы-картера 3 на подшипниках 6 установлен коленчатый вал 5. Число колен вала зависит от количества рядов, а число коренных подшипников — от расстояния между осями цилиндров и от общей длины коленчатого вала. Привод осуществляется непосредственно от электродвигателя, который присоединяется к валу компрессора муфтой (при этом полумуфта на валу компрессора является маховиком), или при помощи клиноременной передачи. Шкив 10 привода крепится на конце вала, консольно выступающем за пределы рамы или опирающемся на выносной подшипник. На раме закреплены один или несколько рядов цилиндров 1, 8. Количество цилиндров определяется назначением компрессора и конечным давлением нагнетания. Всасывающие и нагнетательные клапаны — пластинчатые, самодействующие. Система смазки механизма движения — циркуляционная (масло подается шестеренчатым масляным насосом 7, приводимым от коленчатого вала через зубчатую передачу); для смазки цилиндров и сальников применяется лубрикатор. Такие компрессоры распространены в эксплуатации; они выпускались с одной-четырьмя ступенями сжатия в одно- и двухрядном исполнении. Примером могут служить воздушные компрессоры типа 2Р, 2РВ, К2 и ВК, кислородные — типа 2РК и КЗР, азотные — типа 2РА, а также

компрессоры, созданные на базах 2СА и 2СГ, и импортные.

**Горизонтальные компрессоры** различаются по расположению рядов цилиндров относительно рамы. Эти ком-

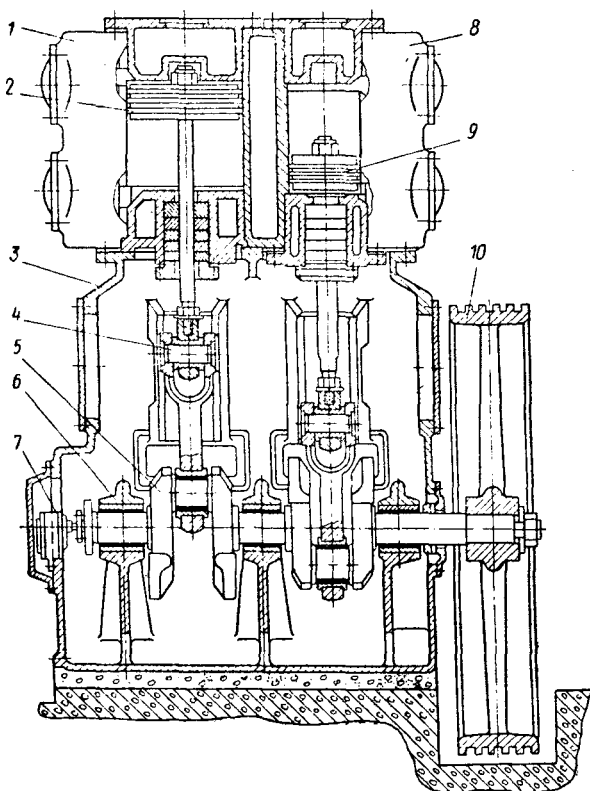


Рис. 3. Вертикальный двухрядный двухступенчатый компрессор:

1 — цилиндр I ступени; 2 — поршень I ступени; 3 — рама-картер; 4 — крейцкопф; 5 — коленчатый вал; 6 — подшипник; 7 — масляный насос; 8 — цилиндр II ступени; 9 — поршень II ступени; 10 — шкив

прессоры предназначены для больших давлений и производительностей и отличаются значительными габаритными размерами и массой (до 270 т).

Горизонтальные оппозитные крейцкопфные компрессоры двойного действия со взаимно-противоположным движением поршней имеют ряды цилиндров, расположен-

ные по обе стороны от рамы. В сравнении с горизонтальными компрессорами других типов они более быстроходны, уравновешенны и компактны, а также более удобны для монтажа по расположению межступенчатой аппаратуры и трубопроводов. Поставляются эти компрессоры в собранном виде с безразборной консервацией деталей или укрупненными узлами-блоками.

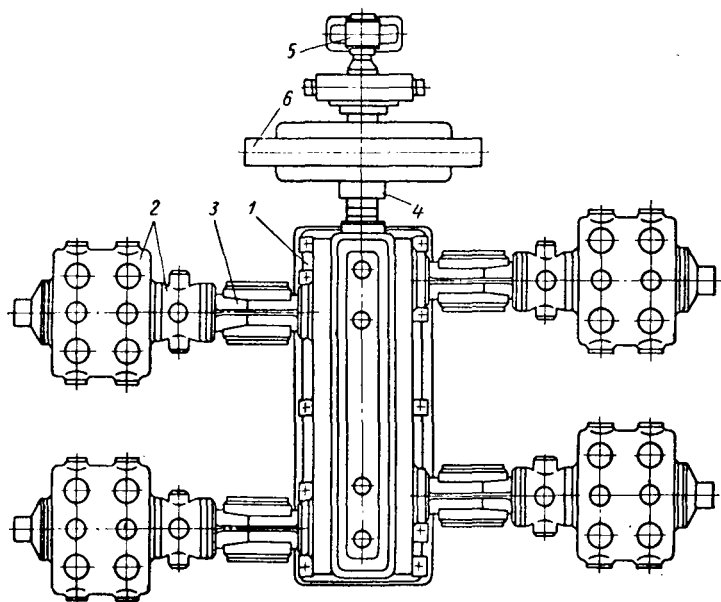


Рис. 4. Горизонтальный оппозитный четырехрядный многоступенчатый компрессор:

1 — рама-картер; 2 — цилиндры; 3 — направляющие крейцкопфов; 4 — коленчатый вал; 5 — выносной подшипник; 6 — электродвигатель

Оппозитные компрессоры могут быть двух-, четырех- и шестирядными. Рама-картер 1 компрессора (рис. 4) чугунная литая коробчатой формы. Нижняя часть рамы служит сборником отработавшего масла. В поперечных перегородках рамы размещены коренные подшипники при двух, четырех и шести рядах цилиндров, количество коренных подшипников будет соответственно три, пять и семь. Со стороны привода установлены два упорных подшипника. Вкладыши подшипников — тонкостенные. Жесткость рамы достигается за счет поперечных пере-

городок, ребер и верхних стяжек с распорками. Крупные восьмирядные компрессоры зарубежных фирм имеют две отдельные коробчатообразные рамы, между которыми размещен привод. Направляющие 3 крейцкопфов крепятся с обеих сторон рамы 1 к вертикальным фланцам. В малых компрессорах направляющие 3 связаны с фундаментом качающимися опорами, а в остальных компрессорах — жестко закрепленными опорными лапами.

Число шатунных шеек коленчатых валов 4 равно числу рядов. Шатунные шейки расположены попарно с разворотом на  $180^\circ$  с одной общей щекой. В четырехрядных компрессорах каждая пара шеек смещена относительно другой на  $90^\circ$ , в шестирядных компрессорах — на  $120^\circ$ .

В первых трех ступенях цилиндры 2 и их крышки (кроме первой ступени холодильных компрессоров) выполнены чугунными литыми с рубашками для водяного охлаждения. В следующих ступенях устанавливаются стальные кованные цилиндры с разъемными кожухами для охлаждения. Цилиндры в зависимости от размеров и числа их в ряду имеют одну или две качающиеся опоры. Клапаны преимущественно прямоточные. В холодильных и некоторых воздушных компрессорах иногда применяют полосовые всасывающие клапаны, а в остальных компрессорах — кольцевые. Нагнетательные клапаны — прямоточные, а на ступенях высокого давления и при сжатии загрязненных и коксующихся газов — дисковые и пластинчатые. Для первых трех ступеней поршни устанавливают скользящие двойного действия, для последующих ступеней — дифференциальные. Каждое сальниковое уплотнение включает сальник, предсальник и маслосниматель.

Приводится компрессор от электродвигателя 6, неразъемный ротор которого закрепляют на консольном конце коленчатого вала, а неразъемный статор устанавливают на фундамент. Для отдельных марок компрессоров ротор крепят на приставном валу, который одним концом соединяется фланцем с коленчатым валом, а другим — опирается на выносной подшипник.

Большие компрессоры с двумя оппозитными рамами (восьмирядный, шестиступенчатый, производительность  $30\ 600\ \text{м}^3/\text{ч}$ , давление нагнетания  $320\ \text{кгс}/\text{см}^2$ , масса с приводом 220 т, мощность электродвигателя 7060 кВт) имеют два коленчатых вала, которые соединяют фланцами с ротором электродвигателя, размещенного между рамами.

Вал ротора устанавливают на двух подшипниках, укрепленных на фундаменте. Разъемный статор устанавливают на фундаментных плитах.

В средних двухрамных компрессорах (четырёхрядный, четырёхступенчатый, производительность 12 300 м<sup>3</sup>/ч, давление нагнетания 12 кгс/см<sup>2</sup>, масса 64 т, мощность электродвигателя 1600 кВт) общий коленчатый вал укладывают на подшипники обеих рам электродвигателя. Разъемный ротор закрепляют на коленчатом валу между рамами. В некоторых конструкциях двух- и четырёхрядных оппозитных компрессоров коленчатый вал имеет выносной подшипник, и ротор привода размещают на выносной части вала. На конце коленчатого вала, противоположном электродвигателю, устанавливают храповое колесо для поворота вала ручным или электрическим приводом.

Система смазки механизма движения циркуляционная. К цилиндрам и сальникам масло подается лубрикатором. Насос и лубрикатор приводятся от электродвигателей: насос — непосредственно через муфту, лубрикатор — через редуктор.

Оппозитные компрессоры выпускаются на четырех отличающихся размерах баз и маркируются М10; М16; М25 и М40. Цифра после буквы М обозначает расчетное поршневое усилие в тоннах, характеризующее данную базу. Все компрессоры этой базы имеют унифицированные одинаковые по размерам детали — крейцкопфы, направляющие, шатуны, коренные и шатунные подшипники и другие детали кривошипно-шатунного механизма.

Конструкция элементов чугунной литой рамы и стального коленчатого вала для каждой базы однотипна и отличается лишь числом рядов, которое обозначается цифрой перед буквой М (например, 2М, 4М, 6М). Для различного числа рядов на одной и той же базе (2М10; 4М10 и 6М10 или 2М16 и 4М16, или 4М25 и 6М25, или 2М40, 4М40 и 6М40) применяются коленчатые валы соответственно с двумя, четырьмя и шестью кривошипами и одинарные, сдвоенные и строенные рамы, у которых нормализованы все посадочные и присоединительные размеры.

На базе М10 выпускаются двух- и четырёхрядные аммиачные холодильные компрессоры типа АО, ДАО, и ДАОН (А — аммиачный, О — оппозитный, Д — двухступенчатый, Н — низкотемпературный) для различной

хладопроизводительности и температур. На этой же базе в двух-, четырех и шестирядном исполнении выпускаются воздушные компрессоры разных модификаций по производительности и давлению.

Компрессоры на базах М16; М25 и М40 предназначены в основном для сжатия различных газов. Компрессоры на базе 6М40 — крупнейшие, массой 206—220 т и мощностью электропривода до 5000 кВт. Компрессоры 6М25-125/38-55 для перекачки газа имеют привод от газового двигателя внутреннего сгорания.

В эксплуатации еще имеется значительное количество горизонтальных компрессоров с расположением цилиндров по одну сторону рамы. Компрессоры выпускались различных моделей в одно- и двухрядном исполнении. На рис. 5 показан двухрядный крейцкопфный компрессор двойного действия. Чугунная рама отлита совместно с направляющей крейцкопфа. Применяют рамы байонетного или вильчатого типов соответственно с одним или двумя коренными подшипниками и с кривошипным или коленчатым коренным валом 11. На последнем установлены противовесы на каждой щеке. В однорядных компрессорах второй конец вала опирается на выносной подшипник. Приводится компрессор от электродвигателя 4, разъемный ротор которого устанавливают непосредственно на вал компрессора между рамами при двухрядном исполнении и между рамой и выносным подшипником при однорядном исполнении. Статор (обычно неразъемный) устанавливают на фундаменте.

В каждом ряду последовательно монтируют цилиндры 6 соответствующих ступеней сжатия. В двухрядных компрессорах один ряд цилиндров называется рядом низкого давления, другой — рядом высокого давления. В двухрядных дожимающих компрессорах оба ряда имеют одинаковые цилиндры. Для ступеней сжатия до 50 кгс/см<sup>2</sup> цилиндры устанавливают чугунные литые с рубашками для водяного охлаждения и с дисковыми поршнями; для ступеней сжатия свыше 50 кгс/см<sup>2</sup> — стальные кованые цилиндры 12 с водяными охлаждающими рубашками в виде разъемных стальных кожухов.

Сквозные штоки многоцилиндрового ряда опираются на промежуточные ползуны 8, для которых между цилиндрами 6 устанавливают промежуточные фонари. Последние также служат для доступа к сальникам цилиндров, монтажа и ремонта соответствующих поршневых



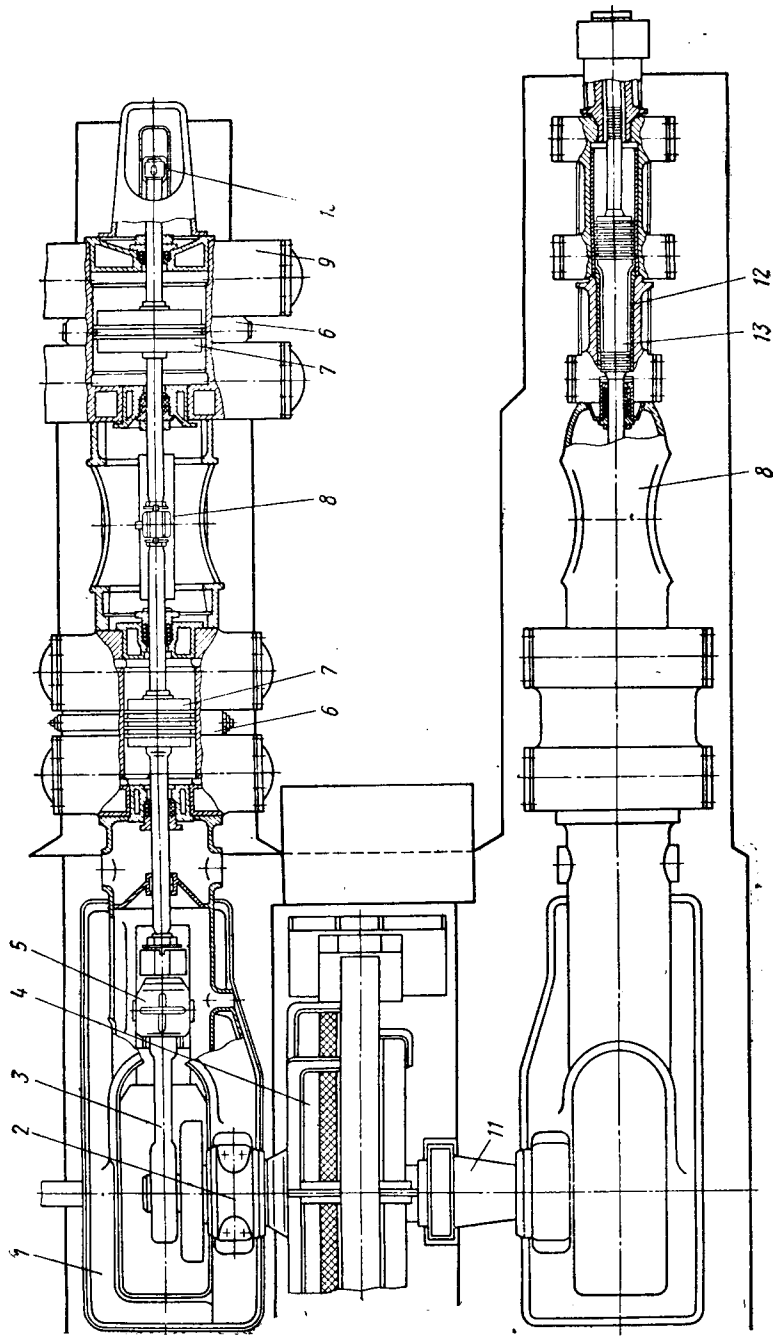


Рис. 5. Горизонтальный двухрядный многоступенчатый компрессор с односторонним расположением цилиндров:  
 1 — рама байонетная; 2 — подшипник; 3 — шатун; 4 — электродвигатель; 5 — кривокопф; 6 — цилиндры ряда низкого давления; 7 — поршень; 8 — промежуточный фонарь и ползун; 9 — клапанная коробка; 10 — концевой фонарь; 11 — коренной вал; 12 — цилиндры ряда высокого давления; 13 — поршень дифференциальный

групп. Для навесных поршней на крайнем цилиндре устанавливают концевой фонарь 10 для поддерживающего штока ползуна. Цилиндры высокого давления комплектуются дифференциальными поршнями 13. Все скользящие поршни имеют баббитовую подушку. Поршневые кольца выполняют чугунными, а для цилиндров высокого давления текстолитовыми или из фторопластовых материалов.

Сальники цилиндров низкого давления собирают из плоских разрезных уплотняющих и замыкающих элементов, установленных в обоймы. В цилиндрах высокого давления для сальников используют конические элементы. В газовых компрессорах цилиндры со стороны штока имеют предсальник и камеры для отсоса газа.

Всасывающие и нагнетательные клапаны пластинчатые кольцевые, дисковые или полосовые, а также прямоточные. Система смазки кривошипно-шатунного механизма — циркуляционная (масло подается шестеренчатым насосом, который приводится от электродвигателя). Для смазки цилиндров применяется лубрикатор, приводимый от отдельного электродвигателя через червячный редуктор.

Горизонтальные компрессоры типа Г выпускались на пяти отличающихся размерах баз: 1Г, 2Г, 3Г (3, 5Г), 4Г и 5Г. Цифра обозначает наибольшее поршневое расчетное усилие, которое соответственно равно 90, 60, 45, 25 и 15 т. Масса и габаритные размеры компрессоров уменьшаются по мере возрастания цифры в марке базы. В зависимости от назначения горизонтальные компрессоры имеют от одной до шести ступеней сжатия.

Компрессоры типа 1Г, 2Г и дожимающие 5Г предназначены для сжатия азотводородной смеси, 3Г (3,5) — для азота и азотосодержащих смесей, 4Г — для воздуха, 5Г — для водородосодержащих смесей, горючих газов и воздуха.

**Комплектуемое оборудование.** В состав каждой компрессорной установки входят комплектующие ее межступенчатая аппаратура, трубопроводы и контрольно-измерительные приборы. Межступенчатая аппаратура служит для охлаждения газа (холодильники), отделения от газового потока капель масла и влаги (маслоотделители, сепараторы, баки про-

дувок), сглаживания пульсаций (буферные емкости, ресиверы), перекрытия газового потока (гидрозатворы и специальная арматура).

Кожухотрубчатые холодильники, состоящие из пучка труб, завальцованных в трубные решетки, используют при давлениях до  $35 \text{ кгс/см}^2$  для первой, второй и третьей ступеней сжатия. При больших давлениях применяют холодильники типа «труба в трубе», состоящие из последовательно соединяемых трубчатых элементов, число которых определяется требуемой поверхностью охлаждения. При небольших объемах газа используют погружные змеевиковые холодильники, пригодные для любых давлений. Холодильники монтируют после каждой ступени сжатия.

Последовательно за холодильниками устанавливают маслоотделители, предназначенные для выделения из потока газа более плотных капель масла и воды. При низких и средних давлениях применяют маслоотделители, в которых поток газа вводится под углом или по касательной, при высоком давлении используют маслоотделители с петлеобразным и винтообразным поворотом потока.

Для малых компрессоров применяют холодильники и маслоотделители, совмещенные в одном корпусе.

Буферные емкости и ресиверы служат для сглаживания пульсаций давления, возникающих при выталкивании сжатого воздуха или газа из цилиндра в холодильники. Буферные емкости обычно устанавливают перед холодильником (после третьей и последующих ступеней сжатия), а ресиверы — перед выходом в сеть потребления.

Маслоотделители и буферные емкости снабжают продувочными баками (сварной сосуд, имеющий смотровые стекла и люки) для периодического сброса по специальным трубам выделенных из газового потока масла и воды.

Компрессор соединяется с вспомогательным оборудованием трубопроводами, которые для малогабаритных компрессоров поступают на монтажную площадку в виде законченных и испытанных узлов и элементов. Для пригонки по месту при монтаже отдельные узлы иногда поставляются незаконченными на одном конце, с соответствующими припуском для присоединения к оборудованию. Компрессор комплектуется также трубопроводами для подачи смазки, для продувки маслоотделителей, буферных емкостей, манометров и предохранительных клапанов, байпасными линиями и трубопроводами для отсоса газа

из сальников. На линии нагнетания устанавливают обратный клапан, служащий при останове компрессора для предохранения его от возврата сжатого воздуха или газа. На линии всасывания до компрессора ставят гидравлический затвор, который при останове компрессора препятствует поступлению к нему газа из емкости или магистрали. На газопроводах каждой ступени устанавливают предохранительные пружинные клапаны. Рычажные предохранительные клапаны (для давлений до 25 кгс/см<sup>2</sup>) встречаются в компрессорах старых конструкций.

В компрессорную установку входит также щит управления с необходимыми контрольно-измерительными приборами.

Все вспомогательное оборудование испытывают на заводе-изготовителе согласно техническим условиям и Правилам Госгортехнадзора. Угловые и вертикальные компрессоры, а также малогабаритные горизонтальные оппозитные, транспортируемые в собранном виде без привода, подвергаются стендовым испытаниям вхолостую и под нагрузкой. Компрессоры, у которых межступенчатая аппаратура располагается отдельно в машинном зале или его подвале, обычно подвергают на заводе-изготовителе контрольной сборке и испытанию вхолостую при рабочем числе оборотов. Комплектность всей компрессорной установки, подлежащей монтажу, проверяют по отгрузочной спецификации завода-изготовителя и спецификации проекта, которыми предусматривается состав всего основного, вспомогательного оборудования и трубопроводов.

## Глава II

### ПОДГОТОВКА К МОНТАЖУ

---

В процессе монтажа компрессора выполняют следующие основные работы.

1. Приемка под монтаж помещения и фундаментов; разметка фундаментов с нанесением осевых линий.

2. Подготовка рабочего места на монтажной площадке; оборудование ее верстаками, инструментом, различными приспособлениями и монтажным инвентарем, устройство лестниц и настилов, закрытие проемов, освещение и отопление помещения, проведение мероприятий по технике безопасности.

3. Такелажные работы; перемещение на монтажную площадку и на фундаменты компрессора в сборе или его узлов и деталей, а также аппаратов, трубопроводов и различных материалов.

4. Подготовка оборудования к монтажу; распаковка и внешний осмотр компрессора, аппаратов или узлов, поступающих с консервацией, не требующей разборки; для машин с обычной консервацией — расконсервация, осмотр и комплектация узлов и деталей.

5. Установка на фундаменты компрессора в сборе или его базовых узлов, а также аппаратов, проверка расположения осей, крепление анкерных болтов и подливка бетонным раствором.

6. Сборка компрессора, поступающего узлами; ревизия состояния деталей и монтажных зазоров.

7. Изготовление, установка и испытание трубопроводов с необходимой арматурой.

8. Установка, выверка и закрепление на фундаменте электродвигателя.

9. Опробование компрессора на холостом ходу и под нагрузкой с проведением наладки и устранения обнаруженных дефектов.

## 10. Сдача компрессора в эксплуатацию.

Перед монтажными работами необходимо ознакомиться с технической и монтажной документацией на компрессор и всю его установку. В нее входят: чертежи фундаментов, расположения компрессора и вспомогательного оборудования, схемы трубопроводов, сборочные, узловые чертежи компрессора, паспорт и описание, полученные от завода. Монтажный персонал знакомится с указаниями по установке и монтажу компрессора; а также с инструкциями по подготовке к пуску и эксплуатации.

В комплект документации входят также отгрузочные спецификации и упаковочные листы на компрессоры, поступающие в разобранном виде, по этим документам устанавливают количество деталей и их веса. В процессе монтажа для проверки зазоров или установочных данных (для машин, поступивших в сборе) пользуются паспортами или монтажными формулярами. Для отдельных машин, не проходивших контрольную сборку или бывших в эксплуатации, эти документы заполняют на месте монтажа.

На все аппараты, работающие под давлением,лагается иметь акты испытаний. Во время монтажа заполняют отдельные акты или формуляр, в которых фиксируют отдельные этапы монтажа.

## **ПОДГОТОВКА МОНТАЖНОЙ ПЛОЩАДКИ И ФУНДАМЕНТОВ**

В помещении компрессорной станции или машинного зала к началу монтажа должны быть полностью закончены строительные работы: выполнены черновые полы, навешены двери, застеклены окна и верхний фонарь, побелены стены, каналы и проемы перекрыты металлическими щитами или плитами (в период монтажа они могут быть перекрыты временными деревянными щитами). В холодное время года в помещении должна быть гарантирована температура не ниже 5° С. Отделочные работы можно проверить одновременно с монтажными при условии достаточной защиты оборудования и рабочих от загрязнения.

Перед монтажом необходимо освободить помещение от мусора, строительных материалов и лесов, удалить опалубку с фундаментов и колодцев под анкерные болты (выжигание опалубки из колодцев не допускается, так как остающаяся копоть мешает схватыванию бетона при подливке).

Приемка фундамента поручается наиболее квалифицированным инженерно-техническим работникам и бригадам. Строительная организация представляет чертеж или исполнительную схему фундамента, на которых рядом с проектными нанесены фактические размеры и отмечены отступления от проекта. Одновременно предъявляется документ о качестве бетона фундамента и соответствии его марки проектной.

Порядок приемки зависит от типа фундамента. Большинство малогабаритных компрессоров монтируют на фундаментах, выполненных в виде целого массива. Крупные и средние компрессоры устанавливают на фундаментах рамного типа. В этом случае межступенчатая арматура размещается на первом этаже помещения, в так называемом «подвале».

Для приемки массивного фундамента, который немного возвышается над уровнем черного пола помещения, на торцовую часть фундамента переносят нулевую отметку с репера, заложенного в одну из стен здания. Каналы, обрамляющие фундамент, закрывают временными деревянными щитами.

Высотную отметку на фундаментах рамного типа наносят с помощью нивелира. Для большей надежности такие отметки наносят на металлические скобы, которые предварительно заделывают в фундамент, или на пластинки, закрепляемые с помощью монтажного пистолета. Для подхода к рамному фундаменту должен быть уложен настил второго этажа. Оставшиеся в настиле проемы следует оградить.

Далее необходимо проверить правильность геометрических размеров фундамента, анкерных колодцев, ниш и проемов (рис. 6). Вдоль основных осей компрессора натягивают струны 5 из рояльной проволоки диаметром 0,3—0,5 мм. Струны подвешивают на кронштейнах 3 или на деревянных подкладках на высоте 150—200 мм от верха фундамента и натягивают с помощью грузов 6. Струны должны быть установлены так, чтобы опущенные с них шнуры отвесов 4 попадали в точки пересечения осевых и высотных отметок реперов 2 на фундаменте 1. Струна, натянутая на брусках, должна совпадать с пересечением осевых и высотных отметок. Прямоугольность фундамента в целом проверяют натяжением шнуров по его диагонали. Эти диагонали должны быть равны. Перпендикулярность осей фундаментов проверяют по равенству гипотенуз

прямоугольных треугольников, катеты которых откладывают на осях (см. рис. 6).

Для проверки фундаментов под компрессоры с односторонним расположением рядов-цилиндров струны натягивают по осям каждого ряда. Непараллельность струн не должна превышать 0,1 мм на 1 м струны. Рас-

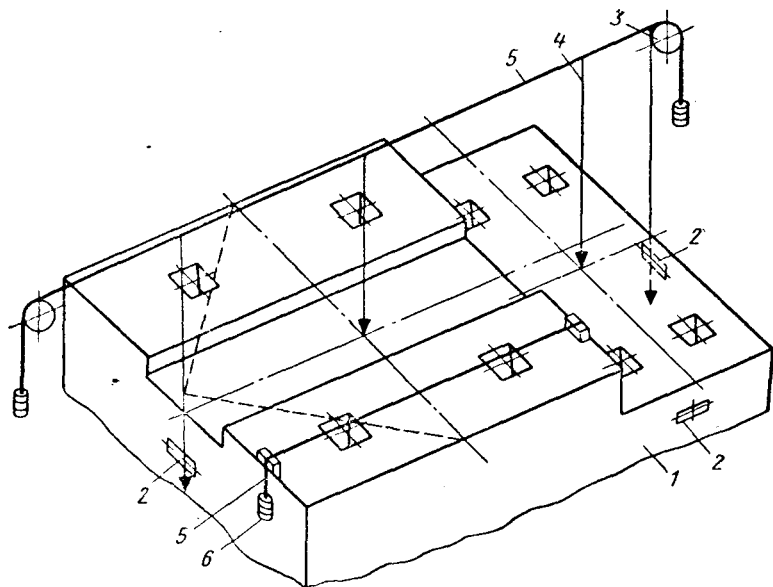


Рис. 6. Схема разметки фундамента под компрессор:

1 — фундамент; 2 — реперы осевой и высотной отметок; 3 — кронштейн; 4 — отвес; 5 — струна; 6 — груз

положение анкерных колодцев, ниш и приемков по отношению к главным осям фундамента, выверенным по реперам, проверяют с помощью рулетки или складного метра. Наибольшая точность необходима при проверке расположения и размеров анкерных колодцев. Межцентровые расстояния, указанные на строительном чертеже, следует сопоставить с размерами на чертеже компрессора и с размерами, снятыми с его рамы. Это предупреждает возможные расхождения.

Для проверки глубины залегания колодцев, приемков и ниш фундамента на подкладке устанавливают по уровню поверочную линейку или достаточно жесткую строганую

рейку (рис. 7), не дающую прогиба. Нижняя кромка линейки или рейки должна находиться на уровне подошвы рамы компрессора. Измерение начинают от высотной отметки фундамента. Глубину залегания колодца проверяют масштабной рейкой 1.

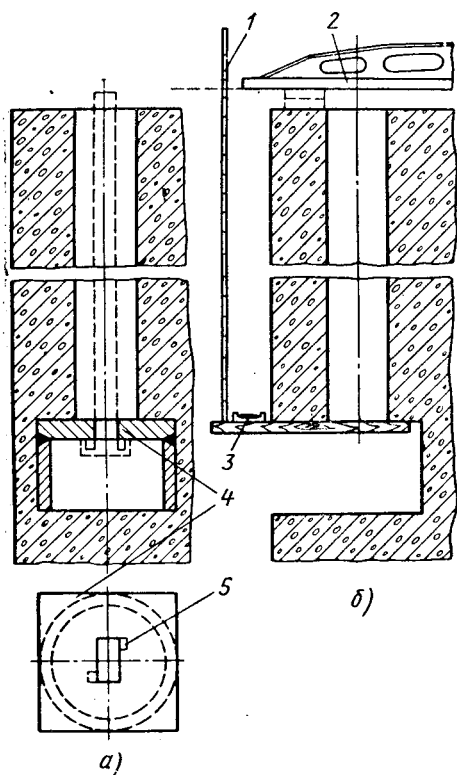


Рис. 7. Схемы проверки глухого (а) и сквозного (б) анкерных колодцев:

1 — рейка; 2 — линейка; 3 — уровень; 4 — плита; 5 — стопор

В глухих анкерных колодцах (рис. 7, а), применяемых преимущественно в массивных фундаментах, проверяют заделку закладных анкерных плит 4, проход в их отверстия Т-образных головок анкерных болтов и стопорение этих головок в плитах от проворачивания. При проверке сквозных анкерных колодцев (рис. 7, б) необходимо обращать внимание на горизонтальность их нижних опорных



поверхностей, к которым примыкают анкерные плиты в нишах. Горизонтальность проверяют по уровню 3, который устанавливают на деревянную рейку, плотно прижатую к нижней опорной поверхности ниши.

Если имеется несколько одинаковых фундаментов, то целесообразно сделать шаблон из деревянных реек или алюминиевых уголков, на котором фиксируется расположение главных осей фундамента и осей анкерных колодцев. Применение такого шаблона значительно облегчает и ускоряет приемку. Не рекомендуется проверять расположение колодцев путем установки на фундамент компрессора, так как это не всегда приводит к правильной установке анкерных болтов.

Ниже приведены максимально допустимые отклонения (в мм) фактических размеров фундамента от размеров, указанных в чертеже:

Размеры по продольным и поперечным осям фундамента . . . . .	$\pm 20$
Основные размеры в плане . . . . .	$\pm 30$
Высотные отметки поверхности фундамента (без учета высоты подливки) . . . . .	$-30$
Размеры уступов в плане . . . . .	$-20$
Размеры колодцев в плане . . . . .	$+20$
Отметки уступов в выемках и анкерных колодцах . . . . .	$-20$
Размеры по осям анкерных болтов в плане . . . . .	$\pm 5$
Размеры по осям анкерных закладных устройств в плане . . . . .	$\pm 10$
Отметки верхних торцов анкерных болтов . . . . .	$+20$

Допустимое отклонение от вертикальности анкерных колодцев составляет 5 мм на 1 м высоты.

Проверяя размеры фундамента, уточняют его положение относительно стен здания и фундаментов других компрессоров, монтируемых в помещении. При этом расстояния между фундаментами измеряют рулеткой в нескольких местах. Обнаруженные неточности следует устранять сообразно с решением проектной организации, которая должна указать способ исправления. Разрешение на пробивку отверстий в готовом фундаменте также необходимо получать у проектной организации. Пробивать отверстия следует так, чтобы бетон в прилегающих зонах не разрушался.

Фундаменты исправляют следующими способами.

При завышении проектной высотной отметки поверхности фундамента часть его срубают отбойным молотком или удлиняют анкерные болты. Если высотная отметка

немного занижена, то увеличивают набор подкладок, устанавливаемых между фундаментом и рамой. При большом занижении высотной отметки фундамент дополнительно бетонируют, при этом устанавливают арматурную сетку, которую связывают с основной.

Анкерные болты с завышенными отметками верхних торцов оставляют без изменений при достаточной длине резьбы или срезают часть болта, при необходимости дорезают резьбу. При небольшом занижении торцов анкерных болтов, залитых в массив фундамента, срубают немного верхнюю его часть, учитывая зазор на подливку бетоном, при большом занижении торцов анкерных болтов вопрос чаще всего решается установкой переходной металлической рамы и реже — наращиванием болтов с помощью электросварки при условии качественного ее выполнения.

В случае небольшого смещения в плане осей анкерных болтов стержни их слегка подгибают, подогревая газовой горелкой. При большом смещении осей болтов анкерных колодцев устанавливают переходную металлическую раму, которую нижней частью крепят к смещенным болтам. Одновременно решается вопрос о размещении компрессора по высоте, для сохранения которой необходимо подрубать верхнюю часть фундамента.

Небольшое смещение частей фундамента относительно главных осей в каждом отдельном случае компенсируется смещением монтируемого оборудования, а также с помощью разделки его отверстий в опорах или установки переходных рам. При больших смещениях частей фундамента, а также при наличии дефектов, которые невозможно исправить (трещин, раковин с оголенной арматурой, неудовлетворительного закрепления анкерных болтов), необходимо соорудить новый фундамент. После устранения всех исправимых дефектов оформляется акт приемки фундамента. Акт подписывают представители заказчика, завода-изготовителя, строительной и монтажной организацией.

Перед монтажом компрессорной установки следует ознакомиться с проектом производства работ (ППР), к которому должна быть приложена схема (рис. 8) размещения на монтажной площадке монтируемого оборудования, материалов, приспособлений, инвентаря и такелажных средств. Это особенно важно для компрессоров, поступающих на площадку узлами. В ППР предусматриваются мероприятия по технике безопасности.

Достаточно полное оборудование монтажной площадки инвентарем, упорядоченное хранение деталей и узлов до их установки на место, а также поддержание чистоты и порядка во многом определяют культуру производства монтажных работ. Поэтому в соответствии с указаниями ППР вначале в помещение подаются детали и узлы, ко-

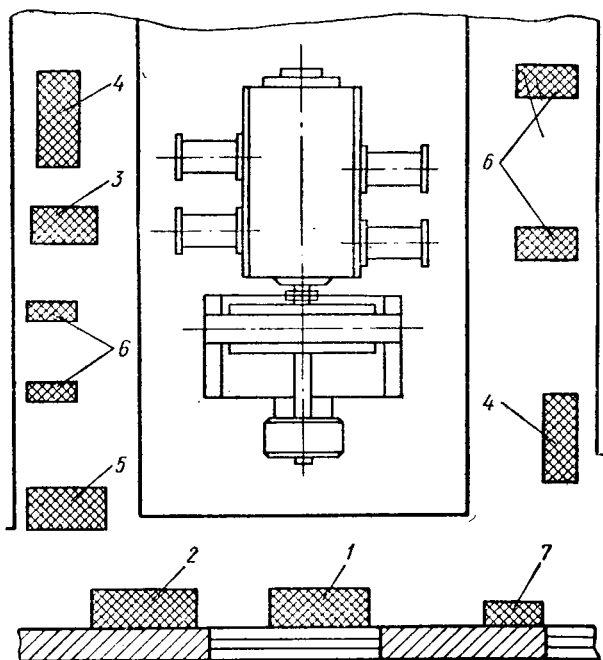


Рис. 8. Схема размещения оборудования на монтажной площадке:

1 — верстак; 2 — стеллаж трехъярусный; 3 — противень; 4 — стеллаж одноярусный; 5 — щит; 6 — козлы; 7 — ящик

торые необходимо установить в первую очередь (рамы, цилиндры и др.). Крупногабаритные детали и узлы, требующиеся для следующих этапов монтажа, можно расположить вне здания, предохраняя их от осадков и повреждений, а приборы, арматуру и мелкие детали — в конторке (или кладовой), оборудованной рядом с машинным залом. В конторке устанавливают деревянный стеллаж, чертежный стол, телефон, шкафы для спецодежды и бачки с питьевой водой (при отсутствии других помещений).

Недалеко от фундамента устанавливают слесарный верстак с параллельными тисками. Верстак должен иметь ящики и полки для инструмента, мелкого крепежа, прокладок и небольших приспособлений. Для размещения деталей компрессоров (шатунных болтов, клапанов, мелких вкладышей) устанавливают одноярусные 4, двух- и трехъярусные стеллажи 2, каркас которых изготовляют из стального проката, а полки — из деревянных строганых досок. Более тяжелые детали укладывают на щитах 5. Для размещения поршней и штоков в сборе, шатунов и других деталей изготовляют два—шесть комплектов деревянных козел высотой 40—50 см из бревен диаметром 15—20 см.

Для промывки деталей, если не применяется безразборная консервация, служат два промывочных противня 3 (размерами 1000×800×200 мм) из кровельного железа. Один противень служит для предварительной, другой — для окончательной промывки деталей. На дно противня укладывают лист фанеры или картона для смягчения ударов деталей.

Монтажная площадка должна быть освещена и снабжена арматурой для подключения электроинструмента и трансформаторов для освещения на 36 В. На площадке необходимо выделить места для хранения и установки кислородных и пропановых баллонов с комплектом шлангов и газосварочной и режущей аппаратуры и редукторов, электросварочных машин постоянного тока и трансформаторов, снабженных сварочным кабелем. Если монтажные и строительные отделочные работы проводят параллельно, то монтируемую установку следует оградить от попадания пыли и строительного мусора.

Монтажников снабжают наборами обычного монтажного инструмента, в комплект которого входят молотки, кувалды, ключи гаечные, напильники, шаберы, ножовочные станки с полотнами, зубила и др. На площадке должен быть комплект сверл, метчиков и плашек с метрической и трубной резьбой.

Ниже указано количество мерительного инструмента и приспособлений:

Уровень брусковый (цена деления 0,1 мм на 1 м)	
длинной:	
100 мм . . . . .	1
200 мм . . . . .	1
Уровень микрометрический (цена деления 0,1 мм на 1 м) . . . . .	1

Штихмас микрометрический (наборный) длиной до 1 м . . . . .	1
Индикатор часового типа (цена деления 0,01 мм)	4
Микрометр (диапазон измерений 0—25 мм) . . . . .	1
Штангенциркуль (цена деления 0,1 мм) . . . . .	1
» (цена деления 0,02 мм) . . . . .	1
Рулетка металлическая длиной 10 м . . . . .	1
Линейка поверочная длиной 1,5—2,0 м . . . . .	1
» масштабная поверочная длиной 0,5—1,0 м	1
Щуп с набором пластин толщиной 0,03—0,8 мм	4
Метр стальной складной . . . . .	4
Отвес стальной массой 100 г . . . . .	8
Плита поверочная размером 600×400 мм . . . . .	1

В процессе монтажа необходим также следующий инвентарь и приспособления: электро- или пневмошлифовальная машинка с гибким валом, электрическая дрель для сверл диаметром до 15 мм, переносные осветительные лампы на 36 В со шнуром достаточной длины и понижающим трансформатором, бидоны для керосина на 10 л, сливные воронки, оцинкованные ведра, ящики для обтирочного материала (чистого и промасленного).

При монтаже оппозитных компрессоров с помощью струны проверяют перпендикулярность осей коленчатого вала и направляющих и центровку цилиндров, а в горизонтальных компрессорах с односторонним расположением цилиндров, кроме того, проверяют центровку рядов и параллельность их осей. Для этого необходимы: четыре-шесть комплектов центровочного приспособления (с винтовой или микрометрической подачей ролика) со стойками и грузами для крепления струн; четыре-пять электробатарей на 4,5 В; 20 м осветительного изолированного электрического шнура; 0,2 кг рояльной проволоки диаметром 0,3—0,5 мм для центровочной струны; телефонные наушники (рабочие и контрольные) на 1000 Ом. Для проворачивания вала до установки ротора необходим хомут с четырьмя рукоятками, а для проверки излома оси коленчатого вала — приспособления для измерения расхождения его щек.

Для центровки коленчатого вала и вала ротора электродвигателя на монтажной площадке следует иметь приспособление для проверки соосности валов по полумуфтам с помощью индикаторов часового типа или щупа.

Специальные инструменты и приспособления поставляются заводом-изготовителем вместе с компрессором.

Если межступенчатые трубопроводы, а также трубопроводы для подачи смазки и охлаждающей воды выпол-

няют из прямых труб, необходимо оборудовать участок для изготовления трубных узлов и заготовок. Для этого на площадке устанавливают трубогибочный станок и полный комплект электро- и газосварочного оборудования и инструмента. Для проведения гидравлических испытаний устанавливают гидравлический пресс с манометром на требуемое рабочее давление, а для продувок и пневмоиспытаний (если они предусмотрены техническими условиями или необходимость в них вызывается температурными условиями) — воздушный компрессор (передвижной или стационарный).

При монтаже компрессора нужны материалы: паронит, резина и др. на случай замены прокладок в уплотнениях; керосин или дизтопливо для промывки и очистки деталей; шлифовальные порошки и пасты для притирочных и доводочных работ; различные масла для смазки деталей при сборке.

Для изготовления технологических, водяных и масляных трубопроводов по спецификации ППР или чертежам подбирается необходимое количество труб, фланцев, отводов, крепежных деталей, электродов и сварочной проволоки.

Для прокладок и уплотнений необходимы листы паронита (толщиной 1,2 и 4 мм), технического картона (толщиной 1 мм), резины (толщиной 2—3 мм), фольга (толщиной 0,05, 0,1 и 0,2 мм) и латунные или медные листы толщиной 0,5 и 1 мм, свинцовая проволока (или лист) диаметром 2 мм, асбестовый шнур диаметром 15—25 мм, графит в виде порошка, мел кусковой, керосин, масло машинное и компрессорное, солидол, наждачная бумага и полотно всех номеров, шлифовальные порошки и паста ГОИ. Для первоначальной доводки применяют грубую пасту ГОИ темно-коричневого (почти черного) цвета, а для окончательной доводки — среднюю и тонкую пасты соответственно темно- и светло-зеленого цвета. Пасты отличаются по размеру зерен окиси хрома, диаметр которых у грубой пасты составляет 16 мкм, у средней 8—12 мкм и у тонкой — менее 8 мкм. Пасту ГОИ применяют без дополнительной смазки.

Для притирки применяют шлифзерно, шлифпорошки и микропорошки, маркируемые по размеру зерна (ГОСТ 3647—71): шлифзерно — 200, 160, 125, 100, 80, 63, 50, 40, 32, 25, 20, 16 и шлифпорошок — 12, 10, 8, 6, 5, 4 и 3. Для определения размера зерна в миллиметрах его номер

следует умножить на 0,01, следовательно, чем ниже номер, тем тоньше шлифзерно или порошок. Микропорошки маркируются: М40, М28, М20, М14, М10, М7 и М5 (цифры указывают размер зерна в мкм). Шлифзерно и шлифпорошок смешивают с минеральным маслом или расплавленным парафином.

Для проверки пригонки деталей заготавливают краску (берлинскую лазурь) или сажу, разведенную в масле, а также достаточное количество чистой ветоши и обтирочных салфеток. Для хранения этих материалов в кладовой устанавливают стеллаж или деревянный ящик (1500×800×1000 мм) с полками и крышкой.

Компрессор монтируют бригады слесарей-механомонтажников и трубопроводчиков. Бригада механомонтажников разбивается на два-три звена (в зависимости от количества одновременно монтируемых машин), которым поручаются однотипные работы, например, установка рама и центровка цилиндров, укладка коленчатого вала и сборка группы движения и т. д. В состав такой бригады входят наиболее квалифицированные рабочие. Небольшие компрессорные установки монтирует обычно комплексная бригада слесарей, выполняющая все работы.

## ТАКЕЛАЖ ОБОРУДОВАНИЯ

Монтируемое оборудование доставляют в машинный зал через проемы в стенах здания компрессорной станции. Такие проемы предусматриваются проектом или специально оставляются при строительстве и заделываются лишь по окончании такелажных работ. Монтажные проемы располагают так, чтобы поступающее оборудование не загромождало проходы. Ниже приведено необходимое количество инвентаря и приспособлений для выполнения такелажных операций (в скобках указана грузоподъемность):

Рычажные тали (1,5 и 3 Тс) . . . . .	2—4
Цепные тали (3 и 5 Тс) . . . . .	2—4
Винтовые домкраты (3 и 5 Тс) . . . . .	4—6
Реечные домкраты (8 Тс) . . . . .	2
Электрические лебедки (5 Тс) . . . . .	1—2
Универсальные стропы (из троса различного диаметра) . . . . .	5—10
Одношківные и полиспастовые блоки . . . . .	2—6

Кроме этого, необходимо 50—100 м тягового троса.

Количество инвентаря и приспособлений выбирается в зависимости от веса компрессора.

С помощью трубоукладчика, крана на автомобильном ходу или блоков и лебедки (рис. 9) оборудование переносится на площадку машинного зала в зону действия постоянных грузоподъемных средств. Вместо ручной или электрической лебедки 1 может быть использована лебедка трубоукладчика. К началу монтажных работ в помещении должны быть установлены и опробованы под-

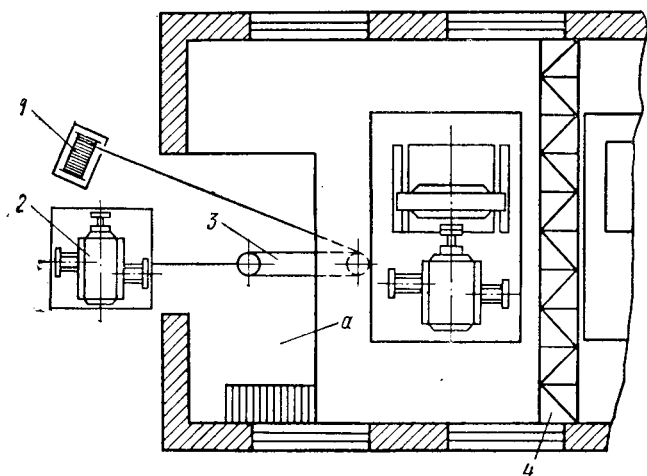


Рис. 9. Схема доставки компрессора в помещение:

1 — лебедка; 2 — компрессор; 3 — полиспаст; 4 — мостовой кран; а — монтажный проем

крановые пути, мостовой кран 4 или кран-балка. Если кран или кран-балка не предусмотрены проектом, то для дальнейшего такелажа используют вспомогательные средства.

Над невысокими фундаментами, расположенными на уровне нулевой отметки здания, сооружается металлическая эстакада из стальных труб или балок (рис. 10). Длина эстакады определяется расстоянием от проема в стене здания до наиболее удаленного от этой стены фундамента. Размер труб или балок 1 зависит от массы наиболее тяжелого груза. Компрессор 2 или его узлы строятся за сани или за нижнюю часть ящика (если компрессор запакован) и перемещаются на эстакаду по ее наклонной части с помощью ручной или электрической лебедки и троса 4, трубоукладчика или трактора. Поверхность эстакады, соприкасающаяся с грузом, для умень-



шения трения смазывается солидолом. Грузы опускаются с эстакады с помощью лебедки на сооружаемые рядом с фундаментом 3 подкладки из шпал или бревен, затем домкратами грузы перемещаются на пол.

Над фундаментами, верхняя часть которых расположена на уровне второго этажа, для относительно небольших (по массе и размерам) грузов может быть сооружена временная катучая балка. Трубу (диаметром 200—

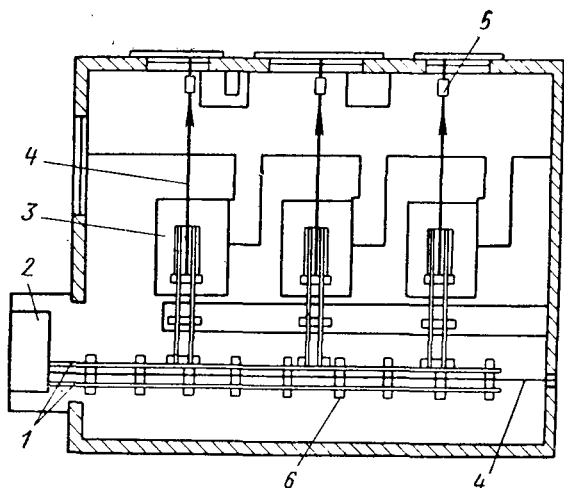


Рис. 10. Эстакада для перемещения компрессора при отсутствии крана:

1 — балки (или трубы); 2 — компрессор; 3 — фундамент;  
4 — трос; 5 — таль; 6 — шпальи

300 мм) устанавливают на подкрановые пути, по которым она свободно перекачивается. Во избежание смещения или перекосов трубы на концы ее приваривают по два фланца, размещая их так, чтобы они охватывали подкрановые пути с обеих сторон. Для большей жесткости к трубе приваривают параллельно оси ряд ребер. На концах трубы приваривают несколько рукояток. Грузы поднимаются до отметки второго этажа с помощью тали, а затем перемещаются вдоль здания катучей балкой.

Часто в проекте компрессорной станции предусмотрена установка ручного мостового крана или кран-балки. Использование их при монтаже для подъема и особенно для перемещения груза вдоль здания связано со значительными затратами времени и труда. Рекомендуется

временно электрифицировать механизм перемещения моста (рис. 11, а и б) и несколько реже — механизм подъема груза и перемещения тележки (рис. 11, в). В первом случае на приводной вал механизма перемещения моста устанавливают шестерню, связанную с редуктором. Редуктор с электродвигателем монтируют на временной площадке, которую устанавливают на раме крана или

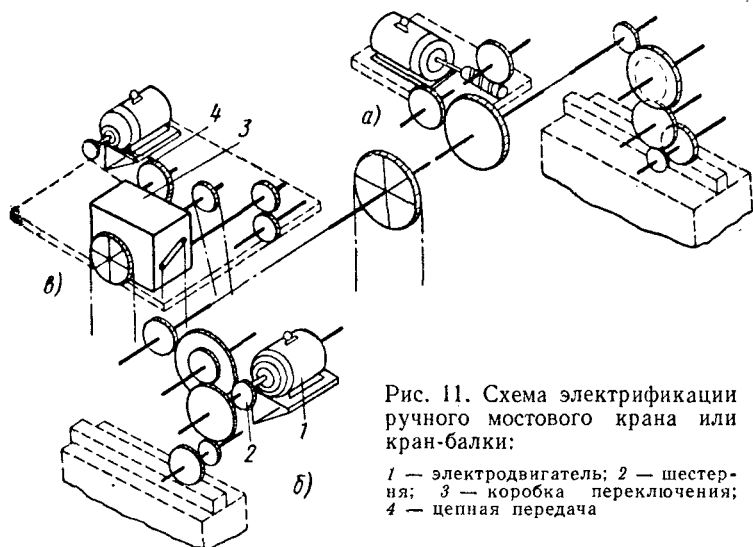


Рис. 11. Схема электрификации ручного мостового крана или кран-балки:

1 — электродвигатель; 2 — шестерня; 3 — коробка переключения; 4 — цепная передача

кран-балки. Вместо редуктора может быть применена клиноременная передача. Для редуктора, встроенного в электродвигатель 1, приводная шестерня 2 может быть введена в зацепление непосредственно с зубчатой передачей механизма перемещения моста.

Для электрификации механизма подъема груза и перемещения тележки (рис. 11, в) дополнительно устанавливают электродвигатель, совмещенный с редуктором, который соединяется с механизмом через цепную передачу 4 и коробку переключения 3. Коробка переключения позволяет использовать один и тот же электродвигатель, поочередно для операций подъема груза и перемещения тележки. Электрифицированный механизм имеет и ручной привод.

Иногда на крюк ручного крана или кран-балки закрепляют электротельфер, с помощью которого поднимают и опускают грузы. В некоторых случаях оборудование

перемещается на фундамент передвижными кранами на автомобильном или гусеничном ходу через проемы в крышке или стенах здания.

Грузы подвешивают на крюке с помощью готовых или выполненных на месте стропов, диаметр троса для ко-

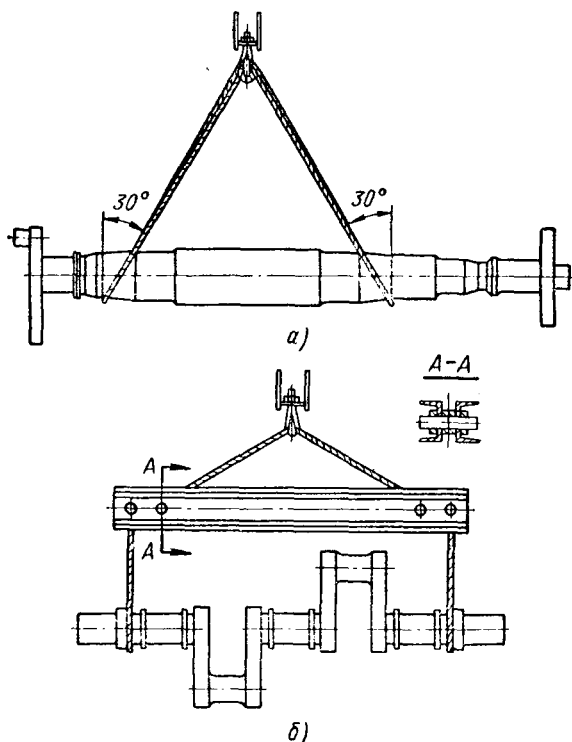


Рис. 12. Схема крепления вала с помощью универсального стропы (а) и траверсы (б)

торых указан в ППР или выбирается по таблицам грузоподъемности тросов. Грузы, установленные на полозья саней или запакованные в ящики, строятся так, чтобы их охватывали по две ветви троса с каждой стороны. Обычно грузы распаковывают при входе в помещение компрессорной станции.

Собранные компрессоры доставляются прямо к фундаменту при условии, если кран достаточной грузоподъемности. В противном случае демонтируют один-два наиболее тяжелых узла. При строповке компрессора в сборе

по две ветви троса пропускаются с обеих сторон. Под трос подкладывают деревянные прокладки.

Коленчатые валы поднимают с помощью траверсы (рис. 12, б), которая представляет собой балку из двух швеллеров или двутавра, подвешенную на крюке крана.

Коленчатый вал крепится к траверсе двумя тросами. Более крупные валы крепятся непосредственно к крюку крана (рис. 12, а) так, чтобы угол между петлями троса составлял примерно  $120^\circ$ .

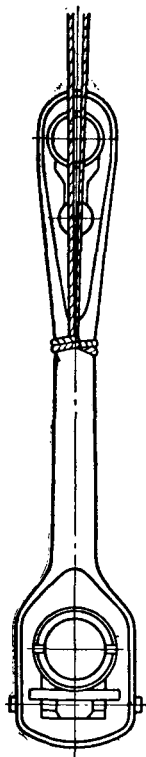


Рис. 13. Схема строповки шатуна

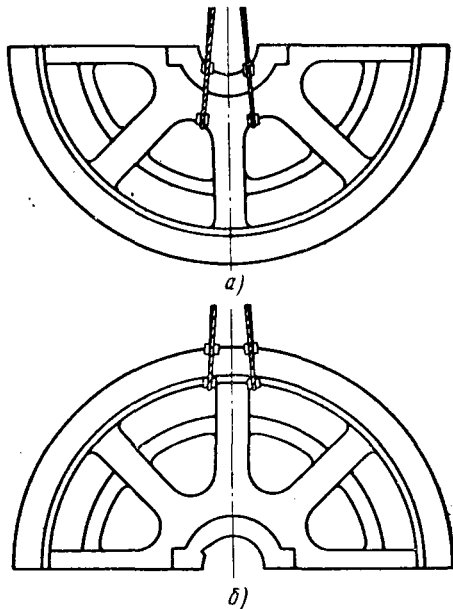


Рис. 14. Схема строповки нижней (а) и верхней (б) частей ротора электродвигателя

Поверхность вала, соприкасающуюся с тросом, необходимо покрыть деревянными планками, войлоком или картоном во избежание повреждения.

Аналогично производится строповка поршня в сборе со штоком. Шатун крепят с помощью петли универсального стропа, накинутой на крейцкопфную головку шатуна, поверхность которой предварительно обкладывают картоном или войлоком (рис. 13).

Ротор электродвигателя из-за большого веса приходится перемещать по частям. Нижнюю часть ротора (рис. 14, а), которую устанавливают при монтаже под коренной вал, крепят по центру под ступицей. Верхнюю часть ротора (рис. 14, б), опускаемую на коренной вал, крепят за обод маховика тросом, пропущенным по обе стороны от средней спицы. Трос в местах соприкосновения с металлом предохраняют от повреждения деревянными подкладками. Поднимать и опускать груз следует таким образом, чтобы не повредить обмотки катушек ротора.

Лица, выполняющие такелаж оборудования, обязательно должны быть проинструктированы о приемах строповки грузов, правилах пользования грузоподъемными приспособлениями и механизмами, а также о требованиях техники безопасности при подъеме, перемещении и спуске грузов.

Для правильного подбора троса и грузоподъемных средств необходимо точно установить массу деталей и узлов компрессора. Массу определяют по отгрузочным ведомостям или по ППР. Грузы следует крепить так, чтобы при подъеме они не могли упасть. Острые и выступающие части грузов не должны касаться тросов и перетирать их во время работы. Тросы накладывают равномерно без узлов и крепят за надежные и массивные части грузов. Равнодействующая сил тяжести при равномерном натяжении ветвей должна проходить через центр тяжести груза. Под детали и узлы компрессора, опускаемые на пол, необходимо ставить надежные деревянные подкладки для возможности свободного удаления троса.

Все ответственные и тяжелые грузы следует поднимать в присутствии руководителя монтажных работ или лица, ответственного за технику безопасности.

## **ПОДГОТОВКА УЗЛОВ И ДЕТАЛЕЙ**

Все детали и узлы компрессора, поступающего в разобранном виде, до установки на фундамент освобождают от упаковки и подвергают расконсервации, т. е. удаляют смазку и антикоррозионную окраску. Густую консервирующую смазку снимают сначала деревянными скребками, а оставшийся тонкий слой смывают керосином или соляровым маслом. Детали протирают насухо чистой ветошью, не оставляющей ниток. Антикоррозионные лакокрасочные

покрытия удаляют бензином, ацетоном, скипидаром или другими растворителями, указанными в заводской инструкции. Не следует соскабливать покрытия шаберами, лезвиями и другими приспособлениями, которые могут повредить поверхность деталей. Следы ржавчины, которые не удается отмыть керосином или соляром, снимают с помощью шлифовальной бумаги или полотна, при этом не должны изменяться монтажные размеры детали. Применяют также щелочные пасты и смывки, снимающие следы коррозии, масляные и лакокрасочные покрытия.

Очищенные и протертые детали осматривают для выявления возможных дефектов и повреждений. Заусенцы удаляют личным напильником или шлифовальным полотном. Одинаковые детали маркируют. На сопрягаемых деталях выбирают одинаковые цифры, затем все детали укладывают на стеллажи, щиты и деревянные подкладки.

В компрессорах с безразборной консервацией удаление консервирующей смазки с закрытых поверхностей (цилиндров, подшипников и т. д.) выполняют без разборки узлов во время обкатки на холостом ходу. Эта смазка смывается маслом, циркулирующим в системе смазки машины. Масло заменяют в процессе обкатки или перед пуском под нагрузку.

Перед монтажом рамы и цилиндры компрессоров, поступающих в разобранном виде, подвергают проверке. С обработанных поверхностей постелей коренных подшипников, направляющих крейцкопфов, привальных поверхностей рамы и цилиндров удаляют консервирующую смазку. Затем проверяют качество и точность обработки поверхностей. На горизонтальные обработанные поверхности ставят, а к вертикальным — прикладывают контрольную линейку (рис. 15). Плотность прилегания линейки проверяют щупом 0,03 мм (зазор между линейкой и поверхностью должен быть таким, чтобы щуп не проходил). Линейку устанавливают в несколько положений относительно детали. Замеченные отклонения фиксируют, так как в дальнейшем при сборке их следует устранить путем пригонки сопрягаемых деталей.

Рамы компрессоров проверяют наливом керосина для выявления течи в картере. Для этого рамы устанавливают на шпалах на высоте 400—500 мм над полом, чтобы осмотреть ее нижнюю часть. Картер снаружи покрывают тонким слоем разведенного в воде мела, при этом хорошо видны места, где протекает керосин. Сливное отверстие

забивают пробкой. Рамы с керосином, залитым в картер, выдерживают для проверки 8 ч. При этом следует соблюдать меры противопожарной безопасности.

В некоторых компрессорах с наружной стороны рамы перпендикулярно ее оси проходят отверстия для подачи масла на направляющую крещцкопфов. Эти отверстия также проверяют на герметичность заливкой керосином.

В наружных стенках некоторых рам нет отверстий, предназначенных для заливки бетоном внутренних полостей одновременно с подливкой рамы на фундаменте. Тогда эти полости заливают до установки рамы на фундамент. Раму переворачивают дном вверх, во внутренние полости, подлежащие бетонированию, закладывают арматуру, которая служит для связи с подливкой фундамента. Арматура, выступающая из внутренних полостей, не должна мешать последующей установке рамы и выверке ее на подкладках. Бетон, залитый в раму, выдерживают два-три дня.

Все трубные узлы, поступающие с компрессором, должны быть рассортированы по назначению. Отверстия труб следует закрыть деревянными пробками (не рекомендуется применять для этого тряпки, бумагу и т. п.). При разборке в связи с ревизией узлов стыкующиеся фланцы и другие соединения маркируют одинаковыми цифрами или буквами. Арматуру подбирают по размерам и укладывают рядами на деревянных подкладках. Во всех залитых баббитом толстостенных вкладышах проверяют плотность прилегания баббита наружным осмотром и «на звук» ударом молотка по подвешенному вкладышу: при отставании баббита звук будет глухой.

Крепежные детали хранят в специальных ящиках. Резьбу шпилек предохраняют от повреждения, навертывая на них гайки.

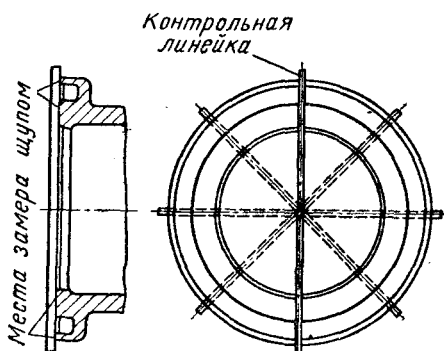


Рис. 15. Схема проверки привалочных поверхностей рамы и цилиндра

## УСТАНОВКА И ПОДЛИВКА РАМ ИЛИ КОМПРЕССОРОВ В СБОРЕ

Рама компрессора — основная базовая деталь; на которой монтируются все остальные узлы и детали. Поэтому отдельная рама также, как и компрессор, в сборе должна быть правильно расположена на фундаменте и достаточно

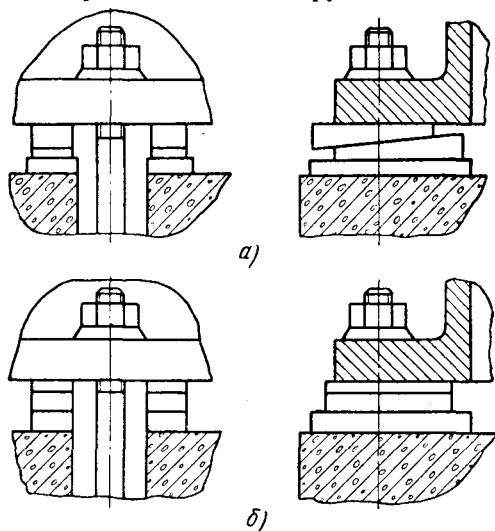


Рис. 16. Клиновые (а) и плоские (б) установочные подкладки

жестко закреплена. Раму или компрессор устанавливают и выверяют на фундаменте с помощью наборов клиновых или плоских подкладок, винтовых или клиновых домкратов, отжимных болтов и других приспособлений, позволяющих регулировать их горизонтальность в направлении по оси коленчатого вала и по оси рядов (по ходу вала).



**Подготовка подкладок.** В стальных клиновых подкладках (рис. 16, а) клиновья поверхность обрабатывается на строгальном, фрезерном или шлифовальном станках, с кромок снимаются заусенцы. Поверхности каждой пары взаимно пригоняются так, чтобы между ними не проходил щуп 0,1 мм.

Каждую пару клиновых подкладок устанавливают на плоских подкладках, длина и ширина которых на 10—15 мм превышают соответствующие размеры клиновых. Обычно ставят одну-три плоские подкладки при толщине каждой не менее 10 мм. Количество этих подкладок зави-

Т а б л и ц а 1

Размеры клиновых прокладок в мм

Длина и ширина клиновой подкладки	Длина обработанной части	Длина и ширина плоской подкладки под клиновью
100×70	95—100	110×80
150×100	144—150	160×110
200×120	192—200	210×130
250×130	240—250	260×140

сит от величины зазора между рамой и фундаментом, оставляемого для подливки бетоном. Количество пар клиновых прокладок вдвое превышает число анкерных болтов, так как ставят подкладки по обе стороны каждого из болтов. Уклон клиновья поверхности принимают 1 : 10. Основные размеры клиновых подкладок даны в табл. 1.

Иногда верхнюю часть клина не обрабатывают для удобства выколачивания подкладок. После выверки рамы весь комплект подкладок — клиновья пара и плоские подкладки — если его оставляют в бетоне подливки фундамента, прихватывается электросваркой.

Плоские стальные подкладки (рис. 16, б) изготовляют из листовой или полосовой стали толщиной 20, 10, 5, 3, 1 мм. Общая толщина набора должна быть 40—80 мм. Размеры подкладок (длина × ширина): 150 × (80—90); 200 × (100—120); 250 × (100—120); 300 × 150. Рекомендуемое количество подкладок в наборе — не более пяти. Необходимое количество наборов вдвое превышает число анкерных болтов. Для регулировки рамы по высоте предпочтительно ставить три-четыре толстые, одну-две тонкие подкладки.

Принято клиновые и плоские подкладки оставлять в бетоне при подливке фундамента. Учитывая, что для обеспечения равномерного восприятия массы компрессора и динамических нагрузок вся опорная поверхность рамы должна плотно примыкать к фундаменту, подкладки можно выгораживать опалубкой и затем удалять. На этом основан бесподкладочный способ монтажа, позволяющий экономить металл за счет многократного использования подкладок или различных выверочных приспособлений.

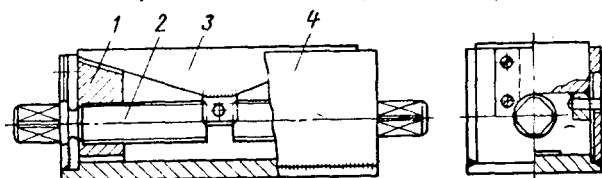


Рис. 17. Клиновой домкрат:

1 — клиновая ползушка; 2 — винт; 3 — клиновая подушка; 4 — корпус

Можно устанавливать и выверять рамы и компрессоры в сборе на инвентарных клиновых домкратах (рис. 17), которые имеют сварной корпус 4, две клиновые ползушки 1 и связывающий их винт 2 с правой и левой резьбой М20×4. При вращении винта 2 ползушки сближаются или удаляются, соответственно поднимая или опуская клиновую подушку 3 домкрата. При подливке рамы бетоном инвентарные клиновые домкраты окружают опалубкой и удаляют после затвердевания бетона, затем образовавшуюся нишу бетонируют. Такие домкраты применяют преимущественно при монтаже небольших вертикальных компрессоров, их электродвигателей и выносных подшипников. Для выверки каждой единицы оборудования обычно требуется четыре-шесть домкратов.

В винтовых домкратах (рис. 18, а) подъем осуществляется за счет вращения на резьбе головки 2 домкрата. Головку ввертывают в опорную плиту 3 (устанавливаемую плотно на фундамент) так, чтобы она упиралась в нижнюю поверхность рамы 1. Для уменьшения трения в конической части головки закрепляют шарик, подвижный относительно вертикальной оси. Для установки рамы требуется шесть-восемь таких домкратов. При подливке рамы домкраты огораживают, затем их удаляют, а ниши бетонируют.

В некоторых компрессорах в отверстия основания рамы ввертывают отжимные регулировочные болты 4 (рис. 18, б), которые опираются на плиту 3 или на плоские стальные подкладки, плотно уложенные на фундамент. Толщина подкладок 12—15 мм. С каждой стороны рамы или картера устанавливают один-три регулировочных болта, число которых определяет необходимое количество подкладок. При подливке регулировочные болты окулают опалубкой. После затвердевания бетона болты

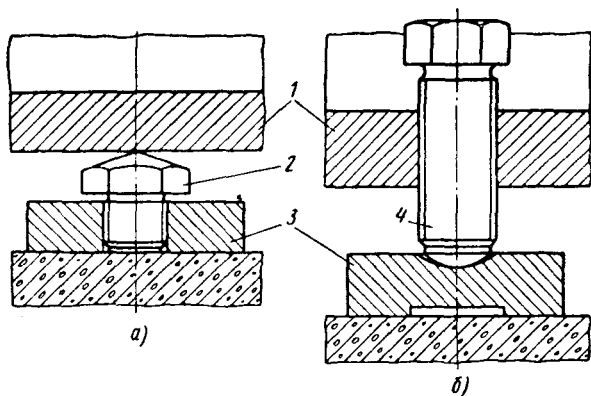


Рис. 18. Приспособления для установки рамы:

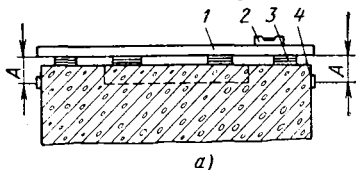
а — винтовой домкрат; б — регулировочный болт; 1 — рама компрессора; 2 — головка домкрата; 3 — опорная плита; 4 — болт

вывертывают, подкладку удаляют и нишу бетонируют. Если регулировочные болты не предусмотрены конструкцией, используют временные струбцины-кронштейны. Струбцину закрепляют болтом на подошве оборудования, а в кронштейн ввертывают отжимной регулировочный болт. Малогабаритное оборудование можно выверять и на анкерных болтах, залитых в массив фундамента. На резьбу болтов навертывают гайки и ставят опорные шайбы так, чтобы между установленным на них оборудованием и фундаментом был зазор для подливки бетоном. Положение по уровню регулируют вращением гаек под опорными шайбами.

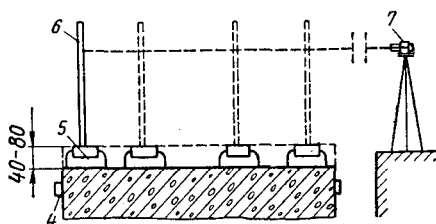
Некоторые фирмы рекомендуют устанавливать компрессоры на стальные подкладки размером 18—20×100××180 мм, имеющие по углам отверстия с резьбой для установочных винтов. С их помощью регулируется положение подкладок по высоте и уровню каждой в отдельности и всего

комплекта. Подкладки при установке фиксируются на фундаменте винтом с потайной головкой, пропущенным через отверстие в центре подкладки и ввернутым в муфту, заделанную в фундамент. После выверки подкладки подливают бетоном. Способ довольно сложен и малоэкономичен.

Наиболее удобен способ установки рам на клиновых подкладках, регулировочных болтах и винтовых домкрат.



а)



б)

Рис. 19. Схема проверки высоты подкладок линейкой и уровнем (а), нивелиром (б):

1 — линейка; 2 — уровень; 3 — подкладка; 4 — репер; 5 — бетонная подушка; 6 — рейка; 7 — нивелир

При этом отпадает необходимость многократных подъемов рамы, требующихся при установке на плоских подкладках. Кроме того, нет необходимости в выполнении ряда дополнительных работ по выверке.

Перед установкой рамы на подкладки выравнивают верхнюю поверхность фундамента. Далее по обе стороны всех анкерных колодцев (там, где разместятся опорные поверхности рамы) укладывают плоские подкладки. От-

верстия колодцев не должны перекрываться подкладками. Каждую из этих подкладок притирают к бетону так, чтобы снять мелкие шероховатости и добиться плотного прилегания. Подкладки должны лежать на фундаменте горизонтально, допустимое отклонение от горизонтальности не более 0,5 мм на 1 м. После подгонки по бетону с помощью нивелира, гидростатического уровня или контрольной линейки и уровня (рис. 19) проверяют высоту расположения подкладок. При измерении нивелиром отмечают изменения высотного положения метки на рейке, которую поочередно ставят на каждую установочную подкладку.

Из-за неровностей фундамента подкладки могут оказаться на разной высоте. Высоту выравнивают подбором других подкладок, соответствующим изменением их толщины или добавлением дополнительных подкладок. Затем в зависимости от способа установки на подкладки

ставят клиновые пары, инвентарные домкраты или пакеты регулировочных подкладок. Высота должна соответствовать высотной отметке нижней кромки рамы (высотная отметка может иметь отклонение не более  $\pm 5$  мм). Далее измеряют расстояние  $A$  от высотной отметки на репере 4 фундамента до нижней грани линейки 1, уложенной на клиновые пары, домкраты или подкладки (рис. 19, а). Положение линейки 1 выверяют по уровню 2.

При установке рам, компрессоров в сборе, а также стартеров электродвигателей можно применять следующий способ укладки установочных подкладок. Фундамент не доводят до высотной отметки, чтобы в местах расположения подкладок можно было уложить бетонную подушку 5 высотой 40—80 мм (рис. 19, б). Высота последней сначала на 20—30 мм превышает требуемую отметку размещения установочных подкладок. Затем на несхватившийся бетон кладут установочную подкладку 3 и легкими ударами молотка опускают ее до требуемой отметки, которую выверяют нивелиром 7 на рейке 6, устанавливаемой на подкладку 3. Допускаемое отклонение от нулевой проектной отметки —1 мм. Цена деления рейки 1 мм. При выравнивании высотной отметки установочной подкладки, когда показание нивелира по рейке достигает только плюс 1 мм, проверяют горизонтальность ее положения. Для этого уровень ставят на подкладку последовательно в двух взаимно перпендикулярных положениях. Затем подкладку доводят до заданной отметки. В таком порядке устанавливают все прокладки. После схватывания и затвердевания бетонной подушки монтаж компрессора можно продолжить.

При наличии поверочной линейки длиной 2—3 м подкладки можно устанавливать следующим образом (рис. 20).

По нивелиру выверяют положение относительно репера (расстояние  $A$ ) только крайних базовых подкладок 4, расстояние между которыми не должно превышать длины линейки 2. Между этими базовыми подкладками 4 ставят бетонные подушки 3, несколько завышенные по сравнению с требуемой отметкой. Далее на подушки укладывают все промежуточные подкладки 1 и по их оси устанавливают поверочную линейку 2. При легком нажиме на линейку промежуточные подкладки вдавливают в бетонную подушку. Затем линейку опускают до уровня базовых подкладок 4. Плотность касания линейки о базовые

подкладки, а также плотность прилегания к ней всех остальных подкладок проверяют щупом.

Горизонтальность подкладок контролируют по уровню в двух направлениях. После этого линейку вторично ставят на подкладки и щупом проверяют зазор между ними. Последний не должен превышать 1 мм.

Указанные способы установки дают экономию по времени (так как сокращается число перестановок рамы) и обеспечивают достаточную точность. Густота бетона

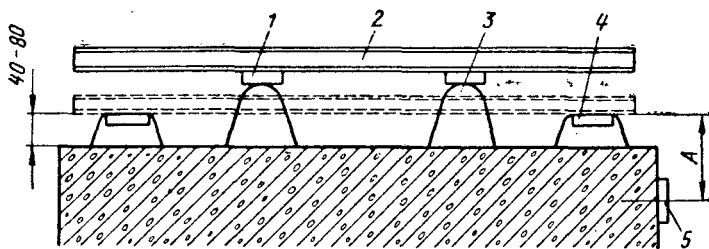


Рис. 20. Схема установки подкладок с помощью линейки и нивелира:

1 — промежуточные подкладки; 2 — поперечная линейка; 3 — бетонная подушка; 4 — базовая подкладка; 5 — репер высотной отметки

для подушек должна быть такой, чтобы подкладки смещались только от легких ударов молотком или под нажимом. Срок схватывания и затвердевания бетона должен быть минимальным.

На поверхности фундамента до установки рамы и подкладок необходимо сделать грубую насечку для разрушения поверхностной цементной пленки, затем фундамент надо хорошо промыть водой под напором. Это улучшит схватывание бетона фундамента и бетонной смеси при подливке рамы. Насечку выполняют молотком с заостренными зубчатыми кромками или зубилом.

**Подготовка анкерных болтов.** Перед установкой анкерные болты очищают от грязи, ржавчины и окалины, проверяют и при необходимости прогоняют резьбу. Гайка должна наворачиваться на резьбу свободно, но без люфта. Стержень болта не следует мыть керосином или соляровым маслом, а также нельзя смазывать. Это затрудняет схватывание металла с бетоном при подливке. Для правильного расположения прямоугольной головки анкерного болта относительно отверстия анкерной плиты на торце болта прорезают ножовкой неглубокую риску. Направ-

ление риски должно совпадать с направлением удлиненной части головки болта (рис. 21).

При приемке фундаментов рамного типа может оказаться, что сквозные анкерные колодцы меньше углублены, что это нужно для анкерных болтов. Если недостаточное углубление не превышает 100 мм, то изготавливают шайбу-стакан, которую ставят между анкерной плитой и потолком ниши. Если же эта величина превышает 100 мм, то из соответствующего швеллера изготавливают квадратную рамку. Последнюю закладывают между анкерной плитой и потолком ниши, а затем бетонируют.

Для массивных фундаментов с глубокими анкерными колодцами в подобных случаях приходится укорачивать болт со стороны резьбы с одновременным увеличением нарезки на стержне или укорачивать болт со стороны головки. Для укороченных анкерных болтов приходится подрубать потолок ниши, уменьшая этим величину углубления колодца. Значительно реже срубают поверхность фундамента.

Практикуют удлинение фундаментных болтов за счет вставок необходимой длины в тело стержня. Для этого болт разрезают и на концах нарезают резьбу. Готовят вставку из стали той же марки, что и болт. Диаметр вставки должен быть равен удвоенному диаметру болта. Вставку высверливают с обоих концов и нарезают резьбу. Обе части болта ввертывают во вставку, сваривают болт и вставку электросваркой, а затем отжигают. Следует обеспечить высокое качество всех этих работ. Применение вставки ограничивает возможность перемещения рамы машины.

Для соединения вставки со стержнем анкерного болта достаточно и одной электросварки при условии тщательной подготовки стыков, их центровки и качественного проведения сварки и последующего отжига. При этом диаметр вставки принимается равным диаметру болта.

**Установка рам и компрессора в сборе.** До установки рамы или компрессора в сборе необходимо завести в анкерные колодцы все анкерные болты и проверить закрепление их головок, выставить по обе стороны от каждого

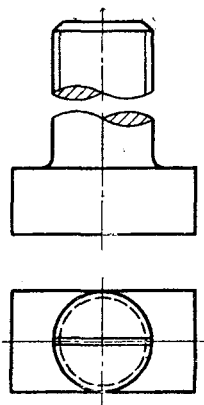


Рис. 21. Анкерный болт с прямоугольной головкой

колодца подогнанные наборы подкладок или инвентарные клиновые (или винтовые) домкраты. Раму или компрессор в сборе опускают на них в несколько наклонном положении, а затем последовательно заводят в ее отверстия все анкерные болты. На болты надевают шайбы и навинчивают гайки, но не затягивают их, чтобы отрегулировать положение рамы. Болт должен выступать над верхней гайкой на две-три нитки резьбы и не более чем на  $1/2$  его диаметра.

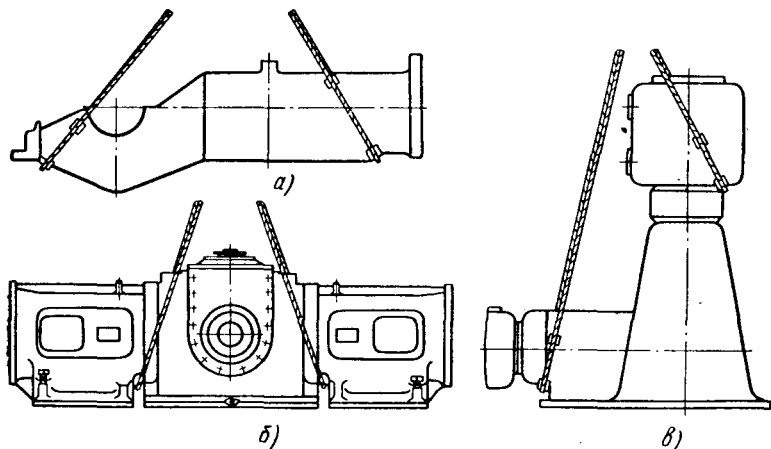


Рис. 22. Схемы строповки рам компрессоров — горизонтального с односторонним расположением цилиндров (а) и прямоугольного в сборе (б) и оппозитного (в)

Перед установкой рекомендуется отметить расположение осей, сделав на основании рамы насечку зубилом. Это позволяет правильно расположить оси рамы относительно фундамента, совмещая эти насечки с насечками на реперах или выдерживая между ними заданное расстояние.

Схемы строповки прямоугольного компрессора в сборе и рам оппозитного компрессора и горизонтального компрессора с односторонним расположением цилиндров приведены на рис. 22. Если рама или компрессор были установлены на фундаменте на деревянных брусках, то их опускают на подкладки с помощью домкратов. Для ускорения работ предварительно выверяют положение рам на четырех комплектах клиновых подкладок, если имеется возможность расположить их равномерно по углам (или конструкцией предусмотрена установка четырех угловых анкерных болтов). После выверки поло-



жения рамы угловые болты слегка подтягивают, устанавливают на место остальные комплекты подкладок и равномерно затягивают все остальные анкерные болты.

**Выверка рамы или компрессора в сборе.** По высоте раму или компрессор в сборе выверяют подбивкой установочных клиньев, подбором плоских подкладок необходимой толщины или изменением высоты инвентарных домкратов. Высотную отметку замеряют от репера фундамента, горизонтальность положения проверяют уровнем, который ставят в двух направлениях — по оси и по ходу вала (перпендикулярно оси вала в направлении его вращения) компрессора.

Горизонтальность положения на фундаменте компрессоров, поступающих на монтаж в сборе опломбированными, проверяют по оси вала установкой уровня на шкив, маховик или выступающий конец вала с фиксацией положения уровня по поперечной ампуле. Для проверки по ходу вала уровень ставят на какую-либо обработанную поверхность или реперы, специально для этого предусмотренные.

Для проверки горизонтальности положения компрессоров, поступающих в сборе неопломбированными, уровень устанавливают по оси вала на его нерабочую обработанную цилиндрическую часть или на одну из коренных шеек (если нет следов износа). При выверке горизонтальности по ходу вала уровень ставят на контрольную линейку, уложенную в этом направлении на обработанную под крышку поверхность цилиндра (крышку цилиндра предварительно снимают). Контрольную линейку можно применять и для проверки горизонтальности в направлении оси вала.

При выверке рамы оппозитных и других компрессоров, монтируемых узлами (рис. 23, а), уровень 2 ставят по оси вала на верхнюю обработанную поверхность или борта рамы-картера (в направлении этой оси). При выверке на ходу вала уровень 2 ставят на контрольную линейку 3, опирающуюся на обработанные борта рамы-картера 1. В оппозитных компрессорах предварительно снимают крышку рамы и проверяют крепление распорок между бортами.

Для проверки положения рамы уровень можно установить по оси вала и на контрольную линейку, уложенную на постели под вкладыши коренных подшипников, и по ходу вала (только для оппозитных компрессоров) на на-

правляющие крейцкопфов, которые крепятся к раме до выверки ее на фундаменте. Если рама многорядная и не обладает достаточной жесткостью, то при затягивании анкерных болтов следует контролировать изменение ее положения (поводку) по струне, установленной и отцентрованной по оси коленчатого вала (рис. 24, а) по постелям под вкладыши подшипников. При расцентровке расстояния  $\kappa_1$  и  $\kappa_2$  от постели до струны должны быть

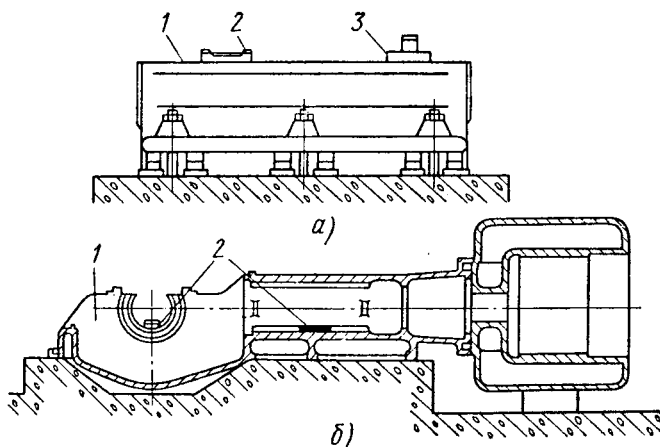


Рис. 23. Схемы установки уровней для проверки горизонтальности рамы компрессора:

1 — рама-картер; 2 — уровень; 3 — линейка

равны. При правильной установке расстояния от торца направляющей  $b_1 = b_2$  и  $v_1 = v_2$ . Порядок центровки см. с. 53.

Горизонтальность рам оппозитных компрессоров, поступающих в сборе с коленчатым валом и направляющими крейцкопфов, выверяют с помощью уровня, который устанавливают по оси вала на одну из нерабочих цилиндрических обработанных частей, а затем по ходу вала на направляющие крейцкопфов. При установке уровней на направляющие крейцкопфов следует учитывать угол наклона их по отношению к раме. Результат вычисляют как среднее арифметическое от показаний уровней, установленных на направляющих крейцкопфов с каждой стороны оппозитной рамы (при числе рядов цилиндров больше двух).

Раму однорядного горизонтального компрессора с односторонним расположением цилиндров (рис. 24, б) выве-

ряют, устанавливая уровни по ходу вала, на направляющую кресткопфа и по оси вала на постель под вкладыши коренного подшипника. Таким же образом проверяют горизонтальность одной из рам (принимаемой за базовую) двухрядного горизонтального компрессора с односторонним расположением цилиндров.

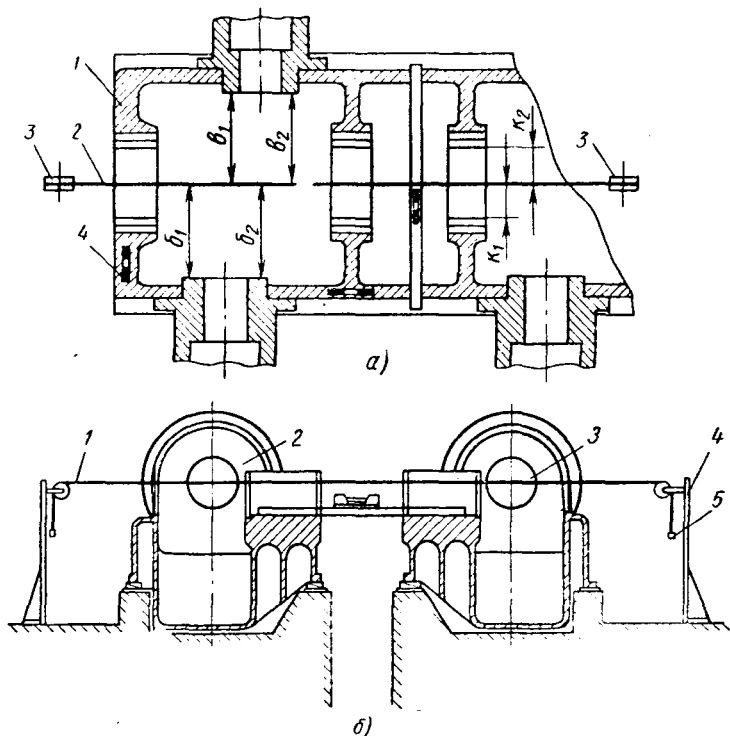


Рис. 24. Схема установки центровочных струн в рамах-картерах по оси вала горизонтального компрессора:

*а* — оппозитного (*1* — рама; *2* — струна; *3* — ролик; *4* — уровень) и *б* — с односторонним расположением цилиндров (*1* — струна; *2* — рама; *3* — вторая рама; *4* — ролик; *5* — груз)

Во всех случаях при проверке горизонтальности уровень устанавливают в два положения (с поворотом на  $180^\circ$ ). Это позволяет своевременно обнаружить неисправность уровня и дефекты обработки поверхности.

Допускаемое отклонение от горизонтальности положения осей оппозитных, вертикальных и угловых компрессоров, а также для рам горизонтальных одно- и

двухрядных компрессоров с односторонним расположением цилиндров дается 0,1 мм на 1 м, хотя по инструкциям некоторых заводов допускаемое отклонение от горизонтальности составляет 0—0,3 мм на 1 м.

Следует учитывать, что такой же максимальный уклон будет иметь и коленчатый вал, а это впоследствии ускорит износ торцевой части вкладышей упорных подшипников. Поэтому отклонение от горизонтальности рамы или компрессора в направлении оси вала не должно превышать 0,1 мм на 1 м, а в направлении осей рядов, т. е. по ходу вала (как и для стационарных поршневых двигателей), 0,2 мм на 1 м.

Положение рамы проверяют в процессе затягивания анкерных болтов. Показания уровня не должны меняться более чем на величину 0,1 мм на 1 м. Большие изменения показаний уровня указывают на недостаточную жесткость рамы и неправильную ее установку на подкладках.

При выверке рамы необходимо обращать внимание на следующее:

1) оси рамы в плане должны совпадать с соответствующими осями фундамента, допускаемое отклонение до 10 мм;

2) отклонение от горизонтальности рамы не должно выходить за пределы указанных выше допусков;

3) масса рамы должна быть равномерно распределена на все комплекты подкладок;

4) зазор между рамой и фундаментом должен быть сохранен в пределах 40—80 мм.

В процессе затяжки болтов и выверки рамы следят за прилеганием опорных поверхностей рамы к подкладкам. Плотность прилегания проверяют ударами молотка по подкладкам, которые должны сохранять при этом неподвижность, или щупом. Комплекты подкладок, неплотно прилегающие к раме, перебирают, заменяют плоские подкладки или подбирают клиновую пару. Если рама лежит на подкладках правильно и они остаются в бетоне при подливке фундамента, то все подкладки в комплектах прихватывают электросваркой. Эту операцию проводят непосредственно перед подливкой.

В двухрядных компрессорах с односторонним расположением цилиндров одновременно с выверкой базовой рамы 2 устанавливают на соответствующие подкладки или инвентарные домкраты вторую раму 3, заводя в ее отверстия все анкерные болты (рис. 24, б). При этом

необходимо обеспечить расположение обеих рам на одной высоте, параллельность осей рядов и заданное расстояние между ними, перпендикулярность осей рядов по отношению к оси вала или так называемый «угол вала». Выверку положения второй рамы и фундамента проводят аналогично выверке базовой рамы.

Взаимное положение рам по высоте проверяют уровнем, который ставят на контрольную линейку, уложенную на постели под вкладыши подшипников. Положение второй рамы по высоте регулируют подкладками, клиньями или домкратами, добиваясь правильного показания уровня. Одновременно выверяют горизонтальность положения рамы по продольной оси. Для этого уровень ставят на нижнюю направляющую крейцкопфа. Допускаемое расхождение по уровню высотных отметок обеих рам не должно превышать 0,1 мм на 1 м. Если постели рам расточены неодинаково, то под контрольную линейку, уложенную на постель с большим диаметром расточки, укладывают калиброванную прокладку, компенсирующую разность размеров.

Дальнейшую проверку выполняют при помощи струн 1, натягиваемых на специальных центровочных приспособлениях по осям рамы. Вопрос центровки рассмотрим несколько подробнее, так как с этим приходится сталкиваться в дальнейшем при установке крейцкопфных направляющих и цилиндров всех типов компрессоров, поступающих на монтаж узлами. Струна, натягиваемая по оси вала, называется поперечной струной, струны, натягиваемые по осям крейцкопфных направляющих, — продольными струнами. Приспособление для расцентровки струн состоит из центратора, который крепится на кронштейне-стойке, устанавливаемой жестко на фундаменте.

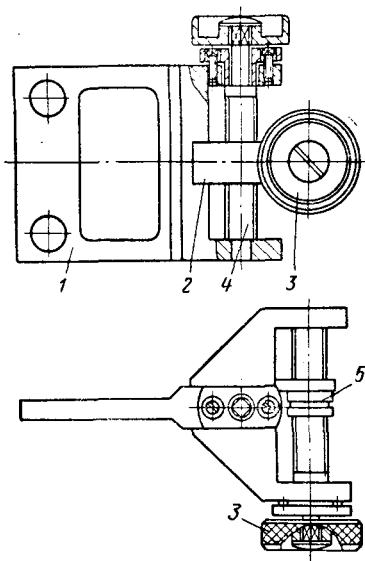


Рис. 25. Центратор для подвески струны:

1 — скоба; 2 — ползушка; 3 — винт для горизонтального перемещения; 4 — винт для вертикального перемещения; 5 — ролик

Для подвешивания каждой струны требуется комплект из двух приспособлений.

Обычный центратор (рис. 25) имеет ползушку 2, которую с помощью винта 4, проходящего через нее, можно передвигать вверх и вниз по скобе 1. Ролик 5 при помощи второго винта 3 можно перемещать вправо и влево по горизонтали. Скобой 1 центратор крепят к кронштейну или стойке на фундаменте. Более сложный микрометрический центратор с градуированной шкалой позволяет регулировать положение струны с точностью до 0,01 мм. С помощью соответствующих микрометрических винтов, проходящих через направляющие втулки, струну можно перемещать по горизонтали и вертикали на 20 мм. Для подвески струны центратор имеет подвижный ролик. Струны натягиваются на роликах центраторов с помощью грузов.

При использовании центраторов приходится учитывать провисание струны и вносить в показания поправки. Величина груза определяется диаметром струны:

Диаметр струны в мм . . . . .	0,35	0,40	0,45	0,50
Масса груза в кг . . . . .	9,45	12,34	15,62	19,29

Прогиб струны (в мм) в любом месте между точками подвеса определяют следующим образом. Вычисляют произведение трех множителей: 1) массы 1 м струны; 2) расстояния от одной точки подвеса до места замера прогиба; 3) расстояния от другой точки подвеса до точки замера прогиба. Полученный результат следует разделить на суммарный вес грузов, подвешенных к струне.

Для выверки поперечной оси двухрядного компрессора с односторонним расположением цилиндров по струне кронштейны-стойки 3 ставят на одинаковом расстоянии от коренных подшипников по их оси с внешней стороны обеих рам. Центраторы закрепляют на кронштейнах так, чтобы струна 2 располагалась примерно на 2—3 мм ниже оси вала, совпадая с ней в плане, а ролики находились в среднем положении и могли передвигаться на одинаковые расстояния по горизонтали и вертикали.

Сначала натянутую поперечную струну расцентровывают по выточке под вкладыш подшипника базовой рамы. Струну с помощью винтов центратора перемещают вместе с роликом так, чтобы в плане она совпала с осью коренного вала. Проверка ведется штихмасом, которым измеряют расстояния по оси между струной и стенкой постели

подшипника (рис. 26, а) в двух сечениях, расположенных по ее краям. Противоположные расстояния по горизонтали  $\kappa_1$  и  $\kappa_2$  в каждом сечении должны быть равны, расхождение не должно превышать 0,01 мм. Должны быть равны также расстояния  $\kappa_3$  от нижней линии постели до струны, измеренные по вертикали по краям постели; допустимое отклонение 0,01 мм. Для повышения точности измерений места на стенках расточки, в которые

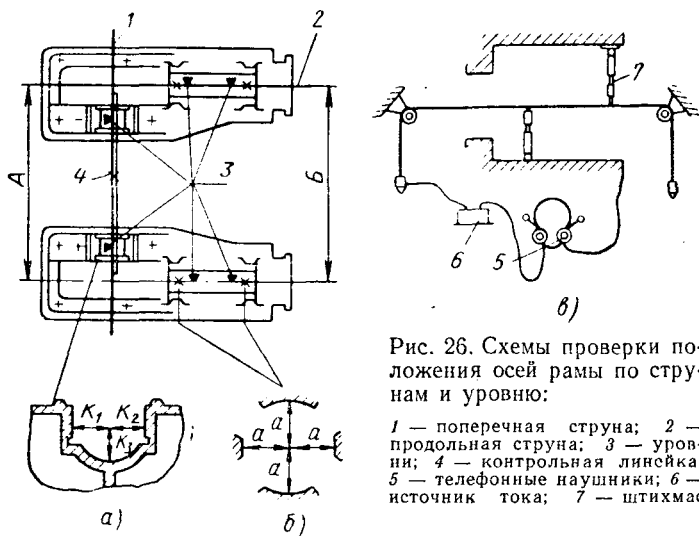


Рис. 26. Схемы проверки положения осей рамы по струнам и уровню:

1 — поперечная струна; 2 — продольная струна; 3 — уровень; 4 — контрольная линейка; 5 — телефонные наушники; 6 — источник тока; 7 — штихмасс

упирается штихмасс, следует отметить мелом. Струна считается расцентрованной, когда равны все расстояния  $\kappa_1$ ,  $\kappa_2$  и  $\kappa_3$  от струны до стенок расточки постели, т. е. когда струна практически станет по ее оси.

Вторую раму расцентровывают по струне, которая предварительно была расцентрована по базовой раме. В этом случае струна остается неподвижной. Вторую раму перемещают до тех пор, пока расстояния  $\kappa_1$ ,  $\kappa_2$  и  $\kappa_3$  от струны до стенок расточки постели, измеренные по ее краям, не будут равны (допустимое отклонение 0,01 мм). Отклонения размеров для каждой рамы должны располагаться по одну сторону ее струны.

Вторую раму закрепляют на фундаменте и вторично проверяют ее положение. Для этого используют струну и уровень, устанавливаемый на нижнюю направляющую крейкопфа и на контрольную линейку в постелях под вкладыши подшипников обеих рам.

После выверки рам по поперечной оси (оси вала) проверяют параллельность продольных осей (осей направляющих крейцкопфов). Для этого (рис. 26, б) струны натягивают по оси рам. Кронштейны с центраторами для натяжки струн ставят так, чтобы пролет струн был наименьшим, а кронштейны не мешали измерению. Струны необходимо делать одной длины, для того чтобы не вносить разные поправки на прогиб для одних и тех же мест измерений на двух рамах. В местах измерений заранее подсчитывают величины прогиба струны (см. с. 105). Величины прогиба также даются в паспорте компрессора.

Каждую струну расцентровывают по направляющим крейцкопфа (рис. 26, б). По вертикали штихмас упирают в направляющие и места упора отмечают мелом, по горизонтали — в специальные бобышки («банки»), расположенные по краям направляющей. Сначала струну расцентровывают по горизонтали, а затем по вертикали, при этом в показания штихмаса вносят поправку на прогиб струны. Разница в показаниях штихмаса по горизонтали и вертикали не должна превышать 0,01 мм, причем для сравнения к показаниям штихмаса в нижнем положении нужно прибавлять величину прогиба струны, а из показаний в верхнем положении — вычитать этот прогиб.

По окончании расцентровки струн по направляющим крейцкопфа измеряют расстояние между струнами по обе стороны от рам. Измерение проводят в наиболее отдаленных точках. Размеры *A* и *B* должны быть равны. Непараллельность рам не должна превышать 0,1 мм на 1 м длины струны, т. е. при расстоянии между точками замеров, равном 10 м, допускаемая непараллельность составляет 1 мм.

На этом заканчивается операция установки рам двухрядных компрессоров. В дальнейшем взаимное положение рам проверяют по коренному валу, предварительно уложенному на нижние вкладыши коренных подшипников.

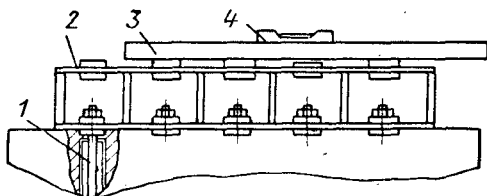
Все измерения при центровке проводят электроакустическим способом, при котором правильность центровки определяют на слух по звукам, возникающим в подключенных в цепь наушниках. Схема (рис. 26, в) состоит из электрической цепи с телефонными наушниками *5* и источником тока *6*, подключенными к раме и к струне. Ролики центраторов должны быть выполнены из диэлектрического материала. Для источника тока применяют батарейку карманного фонаря или аккумулятор. При



измерении один конец штихмаса упирают в намеченную точку обработанной поверхности рамы. Изменяя длину штихмаса, его подводят к струне так, чтобы вторым концом он касался струны. При касании цепь замыкается и в наушниках слышится треск. Длину штихмаса уменьшают до тех пор, пока треск в наушниках не исчезнет. Размер до струны будет правильным, если уменьшение длины штихмаса на 0,01 мм прерывает контакт в цепи. Вместо звукового может быть применен световой сигнал, если наушники заменить низковольтной электрической лампой.

Рис. 27. Схема установки и выверки подрамника:

1 — анкерный болт; 2 — подрамник; 3 — линейка; 4 — уровень



На результат центровки по струне сильно влияет значительный прогиб ее под действием собственного веса, когда расстояние между точками подвеса струны слишком велико. При значительной стреле прогиба измерения штихмасом следует производить не по диаметру, а по двум хордам.

**Установка подрамников.** Рамы малогабаритных компрессоров устанавливают на подрамниках из стальных балок, соединенных электросваркой. Переходные подрамники применяют также при несовпадении отверстий рамы и анкерных колодцев фундамента. Подрамники устанавливают на подкладках или клиновых парах. Допускаемое отклонение от горизонтали не должно превышать допуска для рамы, т. е. по оси вала 0,1 мм на 1 м и по ходу вала 0,2 мм на 1 м длины. Необходимо учитывать, что в дальнейшем рама устанавливается на подрамник без подкладок и тогда регулировать ее положение можно лишь припиливанием или пришабриванием обработанных посадочных мест подрамника.

Для проверки горизонтальности контрольную линейку ставят на обработанные посадочные места подрамника (рис. 27). Зазор между линейкой и подрамником не должен превышать 0,05 мм, в противном случае требуется пригонка. Такой же допуск выдерживают и при установке

рамы. Показатели измерений не должны изменяться при затяжке анкерных болтов и болтов, соединяющих раму с подрамником. В случае изменения показателей всю операцию установки следует повторить, но с большей точностью.

**Подливка рамы.** После выверки рамы или компрессора в сборе на фундаменте промежуток между ними (40—80 мм) заполняют бетонным раствором. Одновременно или несколько ранее подливают и заполняют раствором анкерные колодцы. Температура воздуха в помещении машинного зала при подливке не должна быть ниже 5° С. Применяют бетон марки 200. Смесь готовят из чистого речного песка и промытого гравия (размер зерен 20—30 мм). Основой служит безусадочный цемент марки 300÷400. Смесь должна быть консистентной (полужидкой), чтобы обеспечить хорошее заполнение зазора между фундаментом и рамой, а также ее внутренних полостей. При схватывании бетона с безусадочным цементом между рамой и подливкой не возникает щели.

Перед подливкой поверхность фундамента очищают от мусора и пыли, обдувают сжатым воздухом. Замасленный бетон на поверхности вырубают. Вокруг фундамента ставят деревянную опалубку, по высоте на 80—100 мм превышающую будущую поверхность подливки. Плотнo заделывают все щели между опалубкой и фундаментом, чтобы не допустить утечки бетона. Поверхность фундамента промывают водой под напором (в зимний период — теплой водой). Проверяют плотность прилегания комплектов плоских и клиновых прокладок, которые при ударе молотком должны издавать глухой звук. Если монтаж ведется бесподкладочным способом, комплекты подкладок, инвентарные домкраты и регулировочные болты окружают опалубкой. Их можно также обернуть плотно слоем толя, картона или бумаги, не допуская контакта с бетоном.

Сначала заполняют бетоном отверстия анкерных колодцев на высоту 100—150 мм от основания. После схватывания и частичного затвердевания раствора колодцы засыпают чистым и сухим песком. Высота засыпки не должна доходить до поверхности фундамента на 100—150 мм (рис. 28).

При сплошной подливке бетонная смесь подается под раму с одной стороны ее основания до тех пор, пока смесь не начнет выходить с другой стороны. Через отвер-

ствия в стенках рамы смесь подается во внутренние полости. Раствор уплотняют длинными железными прутьями или вибраторами. Если днище рамы имеет корытообразную форму и не подливается, между фундаментом и этой частью рамы закладывают пеньковые жгуты, предохраняющие от попадания бетонной смеси. Бетонную смесь вначале заливают вокруг подошвы рамы и только после этого уплотняют трамбовками или вибраторами. С наружной стороны рам бетонная смесь не должна доходить до верхней кромки подошвы на 1—2 см.

Подливку бетоном нужно производить непрерывно. При значительных температурах в помещении бетон в течение семи дней следует увлажнять водой, а при воздействии прямых солнечных лучей — чем-либо укрывать. Схватывание бетонной подливки происходит обычно, в зависимости от окружающей температуры, в течение 1—2 суток, а затвердевание — через 7—12 суток (сроки даны для бетона марки 200 при температуре воздуха соответственно 20—5° С). Затвердевание бетона за такой срок соответствует примерно 60% его проектной прочности.

Спустя два-три дня после схватывания бетона, опалубку удаляют и продолжают монтаж компрессора. Выгороженные подкладки, инвентарные домкраты и регулировочные болты удаляют после затвердевания бетона через 7—12 дней. После удаления опалубки заделывают ниши. Полный период выдержки бетона составляет 28 дней. После подливки рамы еще подтягивают анкерные болты и проверяют горизонтальность положения рамы с помощью линейки и уровня. Болты затягивают равномерно, переходя поочередно от болтов, расположенных по обе стороны от рамы в ее средней части, к крайним и промежуточным болтам.

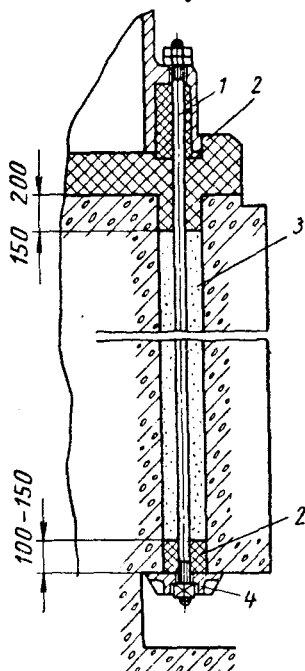


Рис. 28. Схема подливки анкерных болтов:

1 — анкерный болт; 2 — бетонная подливка; 3 — песок; 4 — анкерная плита

При необходимости многократного использования для последующих монтажей плоских и особенно обработанных клиновых подкладок можно выгораживать при подливке все комплекты деревянной опалубкой, а затем после затвердевания бетона удалять подкладки. Это возможно для компрессоров, рамы которых не имеют внутренних полостей, заполняемых при подливке бетоном, при наличии одинакового зазора между рамой и фундаментом. Все указанное должно обеспечить равномерное схватывание бетона без усадки под всей опорной поверхностью рамы. Подтягивание анкерных болтов с одновременной проверкой горизонтальности рамы производят после удаления опалубки и комплектов подкладок.

### **УСТАНОВКА ПОДШИПНИКОВ И КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ**

В машинах, поступающих в сборе, подшипники и коленчатые валы устанавливают на заводе-изготовителе. На монтаже это приходится выполнять, если компрессоры поставляют узлами, при ревизиях и устранении неполадок, связанных с обкаткой машин и после капитального ремонта. При установке коленчатых валов выполняют следующие операции:

1) проверяют по постелям рамы и крышек коренных подшипников все коренные вкладыши, при необходимости делают пригонку;

2) вкладыши коренных подшипников проверяют и пригоняют к соответствующим шейкам вала;

3) вал, уложенный во вкладыши, проверяют и выравнивают по горизонтали;

4) устанавливают необходимые диаметральные и осевые зазоры между шейками вала и вкладышами подшипников.

Следует учитывать, что неправильная установка может вызвать преждевременный износ механизма движения или подомку вала. К укладке вала приступают после затвердевания бетонной подливки рамы. Это не относится к горизонтальным компрессорам с односторонними рядами цилиндров, у которых укладка вала выполняется до подливки и служит для проверки правильности установки рам.

**Подгонка вкладышей.** В отечественных оппозитных компрессорах применяют тонкостенные вкладыши (рис. 29, а) с толщиной слоя баббитовой заливки 0,7—

1,0 мм с допуском  $\pm 0,2$  мм при радиусной толщине стенки вкладыша 7,5—10 мм. Эти вкладыши более работоспособны и требуют меньше подгоночных работ (шабровки), так как, легко деформируясь, хорошо прилегают к постелям рамы и шейкам вала. Их проверяют, как и толсто-стенные вкладыши, по краске на прилегание к постелям рамы 2 и крышек к шейкам коленчатого вала (см. с. 62),

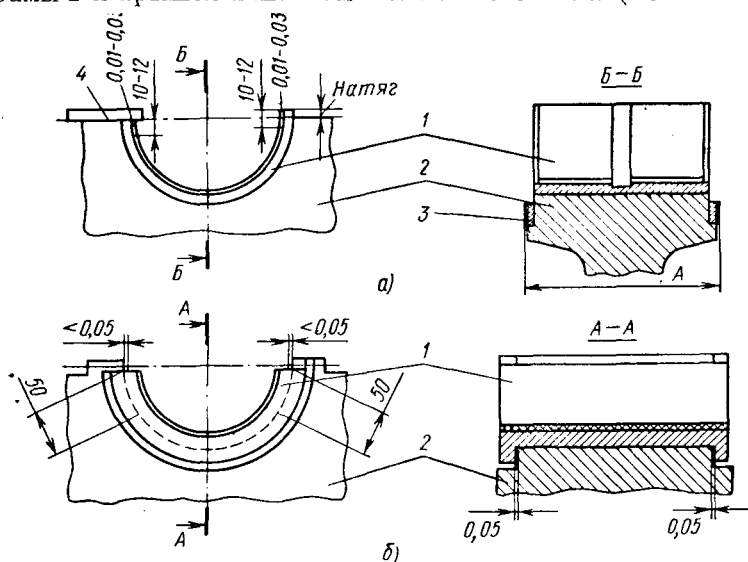


Рис. 29. Схема пригонки по постели рамы вкладышей подшипников тонкостенного (а) и толсто­стенного (б):

1 — вкладыш; 2 — постель рамы; 3 — упорное кольцо; 4 — линейка

но с обжатием, чтобы имитировать натяг. Сшабровываются и сглаживаются в основном заусенцы и дефекты обработки. Количество пятен краски в квадрате  $25 \times 25$  мм должно быть 10—12 при контакте с постелью рамы и 10 — с шейкой вала, прилегание вкладыша к постели должно составлять не менее 75% его поверхности. У краев вкладышей, прилегающих к стыкам, делают скосы на длину 10—12 мм, глубиной 0,01—0,03 мм, чтобы исключить сужение зазоров при натяге.

Подшипник из двух тонкостенных вкладышей собирают без прокладок между их стыками. При этом длина наружной полуокружности каждой половины должна быть на 0,13—0,17 мм больше длины полуокружности постели рамы крышки. Вследствие такой разности длин

при установке крышки подшипника создается натяг, обеспечивающий плотное прилегание вкладышей к постелям и требуемый радиальный зазор для смазки. Величину натяга вкладыша измеряют по превышению одного стыка над диаметральной плоскостью постели (ножкой штангенциркуля или калибром и щупом) при условии, когда второй стык с этой плоскостью совмещен.

В обычных толстостенных вкладышах (рис. 29, б) прилегание баббитовой заливки вкладышей проверяют на звук, обстукивая их на весу. При отставании заливки или наличии трещин звук глухой. Об отставании баббита можно судить также по выделению масла при нажиме в местах неплотного прилегания заливки. Перед укладкой вала вкладыши проверяют по краске на плотность прилегания к своим постелям. Из-за недостаточно плотного прилегания при затяжке крышки деформируется вкладыш и нарушаются монтажные зазоры, появляются трещины в баббите.

Для проверки на поверхность постелей под вкладыши чистой тканью наносят тонкий слой краски (сажа или берлинская лазурь, разведенные на масле до полужидкого состояния). Далее на постель ставят вкладыши и поворачивают его руками примерно на  $\frac{1}{4}$  оборота (см. рис. 29), чтобы на местах касания его затылка с постелью остались следы краски. Пригонку выполняют припиливанием или пришабриванием затылка вкладыша в местах натиров. Однако снимать слой больше 0,25—0,3 мм не следует.

Прилегание вкладыша к постели считается достаточным, когда пятна краски равномерно распределяются по поверхности его затылка. В любом квадрате  $25 \times 25$  мм должно быть не менее 10—12 таких пятен.

Зазор между постелью рамы и стенкой вкладыша с каждой стороны не должен превышать 0,05 мм на длине 0,1 полуокружности (но не более 50 мм) от плоскости стыка. При чрезмерном зазоре вкладыш можно слегка расширить («раздуть»), если это не повлияет на целостность баббитовой заливки. При этом проверку и пригонку вкладыша следует произвести вторично. Не следует ставить между постелью и вкладышем прокладки или кернить их наружную поверхность. Зазор проверяют с помощью щупа.

В упорном подшипнике толстостенные вкладыши должны прилегать к постели рамы и к крышке с боковым зазором между буртиком вкладышей и торцевой стенкой

постели, не превышающим 0,05 мм на сторону. Это необходимо во избежание сдвига вала по оси при работе. Излишний зазор можно устранить установкой прокладки между буртиком вкладыша и рамой. Под каждый бурт ставят прокладку, которая крепится к бурту винтами с потайной головкой. Допускается также наплавка или напайка тыльной стороны буртов с последующей их опиловкой по упорной поверхности рамы. При этом вкладыш должен быть предохранен от деформации и от повреждения баббитовой заливки. Вкладыши устанавливают в постели рамы и крышек, руководствуясь маркировкой, нанесенной на заводе-изготовителе или при разборке узла.

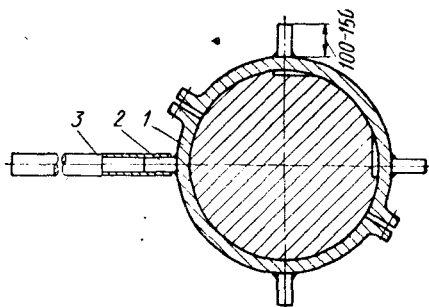


Рис. 30. Приспособление для поворачивания вала:

1 — хомут; 2 — штыри; 3 — труба

В упорном подшипнике с тонкостенными вкладышами, не имеющими буртиков, для упора служат стальные или бронзовые разрезные кольца, которые крепятся к торцам постели. Наружная поверхность колец залита баббитом. К этим кольцам при работе примыкают ограничительные буртики упорной коренной шейки. Вместо одного из буртиков иногда служит щека кривошипа. Расстояние *A* должно быть равно расстоянию между буртиками с минусовым допуском 0,15—0,3 мм для создания минимального осевого перемещения вала («разбега»). Прилегание буртиков к кольцам проверяют по краске. При необходимости пригонки сшабривают баббит и ставят подкладки под кольца.

Следующей операцией является пришабривание баббита на внутренних поверхностях вкладышей к шейкам вала. Сначала прилегание их может быть проверено после расконсервации вала, когда он находится на козлах или деревянных подкладках. Пригонку проводят при укладке вала.

Пришабривание начинают с нижних вкладышей. Коренные шейки вала покрывают легким слоем краски. Опущенный на вкладыш вал поворачивают (на 1—1,5 оборота) с помощью приспособления (рис. 30), имеющего

стягиваемый хомут 1 с приваренными к нему короткими штырями. Для поворота используют в качестве рычага трубу 3, которую поочередно надевают на штыри 2.

Пришабривание ведут по местам натиров, на которых заметны следы краски. После подгонки, в процессе которой пришабривается в основном центральная часть вкладыша, снимают немного баббита с его боковых поверхностей, чтобы создать необходимый зазор. Применяют шаберы с рабочей частью полукруглой или серповидной

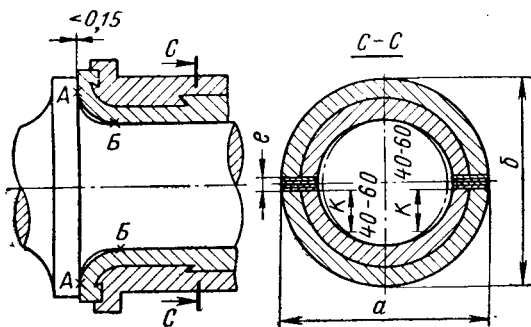


Рис. 31. Схема расположения зазоров вкладышей подшипников

формы, с наружной режущей гранью. Удобны для работы шаберы со сменными лезвиями. При шабровке снимают стружку шириной 5—10 мм, чтобы не вызвать излишне мелкой разбивки пятен.

Вкладыш прилегает к шейке вала удовлетворительно, когда пятна касания расположены равномерно по всей его рабочей поверхности. На каждом квадрате  $25 \times 25$  мм должно быть не менее 10 пятен. В целом при равномерном распределении пятен степень окрашивания должна составлять не менее 25—30% от всей площади вкладыша.

Вкладыш должен охватывать шейку полностью, исключая поверхность холодильников К (рис. 31). В упорном коренном подшипнике торцовая часть галтели вкладыша должна быть плотно по краске пригнана к такой же части галтели вала. В зазор не должен проходить щуп 0,15 мм. Такой зазор дается на каждую галтель независимо от диаметра и длины шейки. В результате допустимое осевое перемещение («разбег») вала должно составлять 0,15—0,3 мм. Галтель вкладыша не должна



касаться галтели вала на участке *АВ*, чтобы не создавать излишнего трения.

Величины осевых зазоров свободных подшипников с учетом температурного удлинения вала при работе выбирают из расчета 1 мм на 1 м длины вала. Зазор — со стороны упорного подшипника. С другой стороны осевой зазор равен зазору упорного подшипника. Для подшипников с двумя вкладышами холодильники вкладышей в плоскости, перпендикулярной их оси, должны

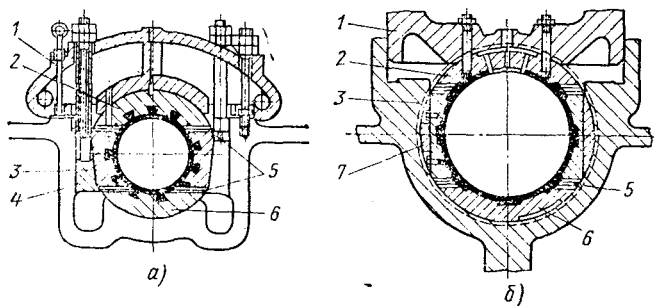


Рис. 32. Подшипник с вкладышем из четырех частей, регулируемый клиньями (а) и прокладками (б):

- 1 — крышка; 2 — верхний вкладыш; 3 — боковые вкладыши;  
4 — клин; 5 — стыковые прокладки; 6 — нижний вкладыш;  
7 — боковые прокладки

иметь клиновидное сечение. Глубина холодильника в утолщенной части такого сечения составляет 2—3 мм. В месте перехода поверхности холодильника в рабочую поверхность вкладыша (наиболее тонкой части клиновидного сечения) не должно быть уступа. Ширина холодильника должна составлять  $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{8}$  от диаметра вала.

Верхний вкладыш любого подшипника проверяют по шейке вала перед укладкой. Окончательно пригонку выполняют после установки вала на нижние вкладыши. Для получения в этом случае лучших «натиров» следует поставить и даже слегка прижать крышку подшипника. Слой краски на шейку вала дают больше, так как значительная часть краски при повороте вала остается на нижних вкладышах.

В подшипниках, имеющих четыре вкладыша (рис. 32), подгонку нижнего 6, боковых 3 и верхнего 2 вкладышей проводят обычным способом. При проверке по краске на поверхности баббита в каждом квадрате 25×25 мм

должно быть не менее 10 равномерно распределенных пятен.

В подшипниках, у которых боковой вкладыш прижимается к шейке вала с помощью клина 4 (рис. 32, а), пригонку последнего проводят одновременно с пригонкой вкладыша по шейке. На краску проверяют прилегание каждого клина к задним стенкам боковых вкладышей 3 и к вертикальным опорным поверхностям постели. Кли

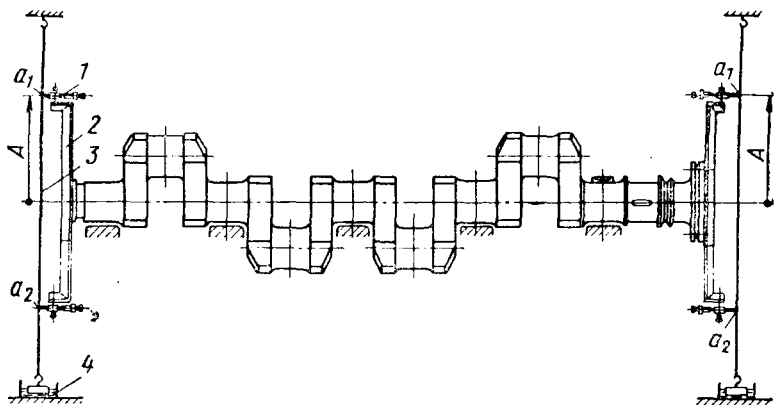


Рис. 33. Схема проверки горизонтальности вала с помощью стрел и отвесов:

1 — микрометрическая головка; 2 — стрела; 3 — струна; 4 — бачок с маслом

должен равномерно прилегать своей рабочей поверхностью, число пятен касания на каждый квадрат  $25 \times 25$  мм — не менее шести. Прилегание и пригонку клиньев проверяют при полностью собранном подшипнике. В подшипнике, где установку боковых вкладышей 3 регулируют набором прокладок 7 (рис. 32, б), пригонку вкладыша выполняют обычным способом, а толщину набора прокладок 7 определяют при регулировке зазора.

**Укладка коленчатых валов** сочетается с операцией пригонки вкладышей подшипников. Цель ее — расположить вал в горизонтальном положении, не допуская излома его оси. До укладки вала в подшипники все смазочные каналы вала продувают воздухом. В отверстия каналов, имеющие резьбу, ввертывают пробки, резьбу уплотняют свинцовым суриком. В противовесах, закрепленных на щеках вала, проверяют затяжку и стопорение болтовых соединений, а также отсутствие зазора между

гнездом противовеса и щекой кривошипа. Не допускается зазор и в посадке клиновой шпонки. Проверку ведут щупом толщиной 0,05 мм.

Горизонтальность оси вала проверяют с помощью уровня. Уровень с ценой деления 0,1 мм на 1 м устанавливается последовательно на все коренные шейки вала. Величину и направление наклона каждой шейки определяют (среднее арифметическое из четырех замеров), поворачивая вал на 90, 180, 270 и 300°. Общий наклон вала определяют по наклонам всех коренных шеек.

Рекомендуется (для контроля) ставить уровень на шейку дважды с поворотом на 180°.

Аналогично наклон вала определяют при установке уровня на шатунные (кривошипные) шейки. Следует обращать особое внимание на то, чтобы уровень не попадал на галтели шеек, что может резко исказить результаты замеров.

При подсчетах наклона отдельных шеек следует учитывать погрешности (конусность и др.) их изготовления на заводе. Обычно эти данные приведены в паспорте компрессора.

В оппозитных, угловых и вертикальных компрессорах, поступающих в сборе, горизонтальность оси вала можно проверить при помощи стрел и отвесов. На каждом конце вала с помощью хомутов закрепляют по стреле 2 (рис. 33). Последнюю выполняют из стального уголка 30×30 или 25×25 мм. На свободном конце стрелы на расстоянии не менее 1 м от оси вала крепят микрометрическую головку 1. Поворотом коленчатого вала ставят стрелы в вертикальное положение и против каждой микрометрической головки закрепляют струну 3 отвеса. Груз отвеса для уменьшения колебания опускают в бачок 4 с минеральным маслом. Стержни микрометрических головок 1 подводят к струне и фиксируют показания. Далее вал поворачивают на 180° и, подводя стержни к струне, вторично снимают показания. Разность показаний  $a_1 - a_2$  (в мм) микрометрической головки в верхнем и нижнем положении стрелы, деленная на расстояние  $2A$  (в м) между точками замера, дает величину уклона вала (в мм) на 1 м длины. Когда значения уклонов, полученные на обеих стрелах, имеют одинаковое значение и направление, ось вала прямолинейна. Абсолютное значение уклона позволяет сравнить его с допускаемым. Для жестких и коротких валов можно пользоваться одной стрелой.

Если нет микрометрических головок, то к стреле крепят стержень с заостренным концом или стрелу выполняют в виде крючка. Острые стержня или крючка направляют в сторону струны. Зазор между струной отвеса и острием при верхнем и нижнем положении стрелы измеряют с помощью щупа. Величину и направление (по знаку) уклонов определяют как частное от деления разности  $a_1 - a_2$  (в мм) зазоров в верхнем и нижнем положениях стрелы на  $2A$  (в м) — удвоенное расстояние от точки замера до оси вала. Если верхний замер больше нижнего, то конец вала, на котором закреплена стрела, направлен вверх, в противном случае — вниз. Допускаемое отклонение вала от горизонтали не должно превышать 0,1 мм на 1 м длины.

Если уклон вала выходит за пределы допускаемых величин, то пришабривают вкладыши так, чтобы придать валу горизонтальное положение. При этом баббит в нижней части вкладыша снимается на глубину, равную произведению значения устраняемого уклона (в мм) на расстояние (в м) между центрами данного и наиболее заниженного вкладыша. Пришабривание боковой поверхности вкладышей производят крайне осторожно, чтобы не допустить чрезмерного увеличения зазора в «усах» и холодильниках. Одновременно при необходимости проверяют прилегание к валу галтелей упорных подшипников.

В процессе пришабривания, связанного с приведением вала в горизонтальное положение, при каждой проверке контролируют по краске прилегание к вкладышам всех коренных шеек. В допуске на уклон вала учитывают уклон, с которым была ранее установлена рама.

В оппозитных компрессорах при необходимости многократного подъема вала на раму компрессора устанавливают по концам вала две балки из швеллера или двутавра № 10—12. Через отверстия в балках пропускают один или два подъемных винта М20—24 в зависимости от веса вала. К нижним концам винтов крепят тросы, огибающие вал, на верхние навертывают гайки, с помощью которых производят подъем.

В горизонтальных компрессорах с односторонним расположением цилиндров укладка коренного вала является контрольной операцией при выверке положения рам перед подливкой. Если уклон вала превышает допустимое значение, то горизонтального положения вала добиваются изменением положения рам на комплектах

подкладок. Прилегание нижних вкладышей к шейкам вала проверяют щупом 0,05 мм, который не должен проходить между баббитовой заливкой вкладыша и шейкой вала. Замеры производят в четырех точках с торцов вкладыша при четырех положениях вала.

Проверка «угла вала» — это операция выверки перпендикулярности осей рядов направляющих крейцкопфов и цилиндров в оппозитных компрессорах и рам горизонтальных компрессоров с односторонним расположением цилиндров по отношению к оси коленчатого (коренного) вала.

В оппозитных компрессорах, поступающих узлами, перед установкой вала на подшипники снимают струну, натянутую по оси подшипников, по которой центровали раму при затяжке анкерных болтов во избежание ее коробления. Затем после привалки цилиндра в проверяемом ряду натягивают струну, которую крепят со стороны направляющей на стойке-кронштейне, установленной на фундаменте, и со стороны вала закрепляют на направляющей противоположного ряда. Здесь проверка «угла вала» практически совмещается с центровкой осей направляющей крейцкопфа и цилиндра (см. с. 102). Шатунная шейка вала (рис. 34, *a*, *б*) должна находиться под струной 1, которую расцентровывают по оси проверяемого ряда штихмасом, установленным по направляющим крейцкопфа и боковым площадкам — «банкам». Вал 3 поворачивают так, чтобы шейка не дошла до струны на расстояние, равное высоте галтели (т. е. на 13—15 мм). Это необходимо для удобства измерения расстояния *a* от струны до бурта вала. Расстояние *б* измеряют после поворота вала на 150—160° так, чтобы шейка кривошипа заняла противоположное положение. Расстояния *a* и *б* между струной и буртом вала измеряют штихмасом электроакустическим способом. Места установки штихмаса отмечают мелом. Ось рамы компрессора перпендикулярна к оси вала, когда расстояния *a* и *б* равны. Допускаемое расхождение *a* и *б* составляет 0,1 мм на 1 м длины струны и равно (*a*—*б*):  $A$ , где *a* и *б* — расстояния между струной и буртом вала в двух его положениях в мм, а  $A$  — расстояние между точками замеров в м.

В оппозитных компрессорах для проверки перпендикулярности осей направляющих и рамы измеряют также расстояние между струной, отцентрованной по оси рамы до торцов направляющих (рис. 24, *a*) в двух точках по

горизонтальному диаметру. При правильном угле вала  $b = b_1$  и  $v = v_1$ .

В компрессорах с односторонним расположением цилиндров перпендикулярность осей вала и рам сначала проверяют для базовой рамы (рис. 34, б).

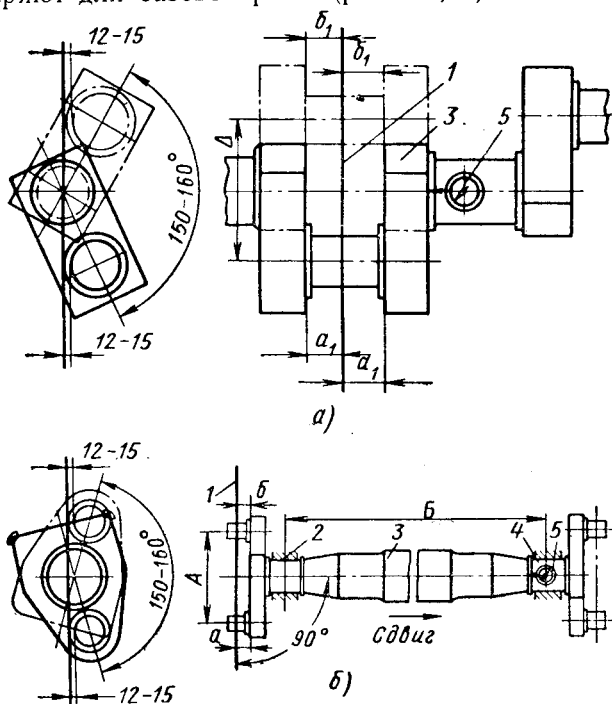


Рис. 34. Схемы проверки перпендикулярности оси вала к оси рамы в компрессорах горизонтальных оппозитных (а) и с односторонним расположением цилиндров (б):

1 — струна; 2 — базовая рама; 3 — вал; 4 — вторая рама; 5 — индикатор

В связи с наличием осевых зазоров во вкладышах упорного подшипника вал при повороте может сдвинуться на величину этих зазоров вдоль своей оси. Осевое перемещение измеряют индикатором 5 часового типа, который устанавливают на одной из рам так, чтобы он упирался в галтели какой-либо коренной шейки. Когда шейка кривошипа находится в первом положении, стрелку индикатора устанавливают на нуль. При повороте шейки во второе положение отклонение стрелки индикатора покажет величину и направление осевого сдвига вала.

Если вал сдвигается в сторону струны, от которой ведется измерение, то размер  $b$  окажется уменьшенным на величину сдвига, показанную индикатором. Величина сдвига должна быть прибавлена к расстоянию  $b$ . Когда вал сдвигается в сторону от струны, величину сдвига вычитают из расстояния  $b$ .

Недопустимое отклонение от перпендикулярности осей базовой рамы и вала устраняется небольшим пришабриванием нижних вкладышей (при этом вал смещается

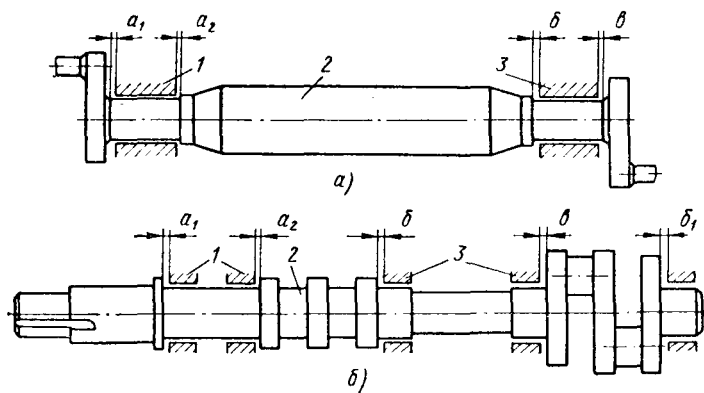


Рис. 35. Схема проверки осевых зазоров в коренных подшипниках кривошипного (а) и коленчатого (б) вала:

1 — упорный подшипник; 2 — вал; 3 — свободный подшипник

в требуемом направлении) или сдвигом второй рамы. Установка этой рамы по струне также может быть выполнена недостаточно точно, что вызывает перекося осей. Требуемый сдвиг рамы относительно ее оси равен произведению разности расстояний  $a$  и  $b$  от бурта до струны на отношение расстояния  $A$  между точками замеров по струне к расстоянию  $B$  между коренными подшипниками.

После сдвига второй рамы вторично проверяют угол вала на обеих рамах. Необходимо постоянно контролировать расцентровку струн по раме ввиду возможных нарушений ее при повороте вала и случайных прикосновениях к шейкам вала.

В компрессорах с односторонним расположением цилиндров одновременно с «углом вала» проверяют, насколько точно определено расстояние между рамами. Это расстояние выверяют по осевым зазорам в коренных

подшипниках (рис. 35, а). Щупом проверяют зазоры между торцами вкладышей подшипников 1, 3 и буртами шеек вала 2, от которых начинаются галтели. При отсутствии бурта измерение ведут до стенки кривошипа.

В упорном подшипнике 1 осевые зазоры  $a_1$  и  $a_2$  должны быть равны. При различных их значениях сумма фактических зазоров должна быть не больше двойного допускаемого зазора, равного  $2a$ . Осевой зазор в свободном подшипнике 3 второй рамы устанавливают с учетом возможного теплового удлинения вала. Зазор  $b$  принимают равным (или несколько больше) зазору  $a$  в упорном подшипнике. Зазор  $b$  в зависимости от диаметра вала берется в пределах 2—6 мм, чтобы сдвиг вала при удлинении происходил в одну сторону. Значения осевых зазоров  $a$  и  $b$  для различных диаметров вала  $d$  приведены ниже (в мм :

$d$	200—250	250—350	350—450	450—600
$a$	0,1—0,12	0,12—0,18	0,18—0,22	0,22—0,3
$b$	2—3	3—4	4—5	5—6

Осевые зазоры регулируют параллельным смещением второй рамы в требуемом направлении по оси вала. Перемещение контролируют по индикаторам часового типа, которые ставят на раме. При малых зазорах сшабривают баббит с торцов вкладышей, а при чрезмерных зазорах наплавляют баббит с последующей пригонкой.

Для оппозитных, а также других компрессоров, имеющих многоопорные коленчатые валы, зазор  $b$  в свободном подшипнике (рис. 35, б) может быть принят также из расчета 0,1—0,15 мм на каждые 100 мм расстояния от торца упорного подшипника до галтели свободного подшипника. Перед окончательным измерением следует еще раз проверить затяжку анкерных болтов. После окончательной установки рам производят подливку их бетоном.

В горизонтальных компрессорах с вильчатой рамой коренной (коленчатый) вал укладывают на нижние вкладыши внутренних подшипников. После проверки прилегания шеек к вкладышам по краске и щупу 0,05 мм, а также проверки горизонтальности рам (допускаемое отклонение 0,1 мм на 1 м) выверяют осевые зазоры и перпендикулярность осей обеих рам по отношению к оси вала. Затем в наружные подшипники устанавливают нижние вкладыши. Эти вкладыши окончательно проверяют и подгоняют после укладки коренного вала с уста-



новленным на него ротором электродвигателя. При подгонке нижних вкладышей необходимо учитывать расхождение щек в вертикальной плоскости, а при подгонке боковых вкладышей — расхождение их в горизонтальной плоскости. Порядок укладки вала по расхождению щек рассмотрен на с. 76.

**Проверка расхождения щек коленчатых валов.** Коленчатый вал, если он не имеет достаточной жесткости, при укладке во вкладыши подшипников может прогибаться под действием собственного веса. При наличии более трех коренных подшипников вкладыши их в процессе подгонки к шейкам вала могут оказаться на разной высоте. В результате возникает излом оси вала, который можно установить только по величине расхождения щек кривошипа («раскепу») коленчатого вала, поворачиваемого на  $360^\circ$ .

Величина расхождений увеличивается при установке роторов и маховиков, присоединении промежуточных валов со шкивами, неправильном расположении выносного подшипника и в других случаях. Если вал работает с недопустимым расхождением щек, то может произойти поломка вала по щеке или шейке в наиболее слабом сечении.

*Измерение расхождения щек.* Расхождение щек проверяют на каждом кривошипе. Для этого измеряют расстояние между щеками в двух диаметрально противоположных положениях кривошипа (в вертикальной и горизонтальной плоскостях). Величина расхождения равна разности значений, полученных при замерах в одной плоскости.

Расхождение щек можно измерять микрометрическим штихмасом, который устанавливают по оси вала. Место установки штихмаса отмечают керном. Для жестких валов штихмас ставят на расстояние 15—20 мм от верхнего края щеки (по ее оси). Измеренная в этой точке величина расхождения будет больше фактической и поэтому для сравнения с допускаемыми расхождениями в нее нужно внести поправку на расстояние от оси вала до точки замера штихмасом.

В коленчатых валах оппозитных и быстроходных компрессоров, имеющих перекрытие коренных и шатунных шеек, рекомендуется измерять раскеп штихмасом или аналогичным ему приспособлениями, установленными между щеками на расстоянии, равном радиусу кривошипа

плюс половина диаметра коренной шейки. Величиной поправки здесь можно пренебречь. За полный оборот вала по ходу кривошипа делают четыре замера через каждые  $90^\circ$ , начиная от одной из мертвых точек.

Более удобны приспособления, представляющие собой сборный стержень (рис. 36) с упругим звеном — пружи-

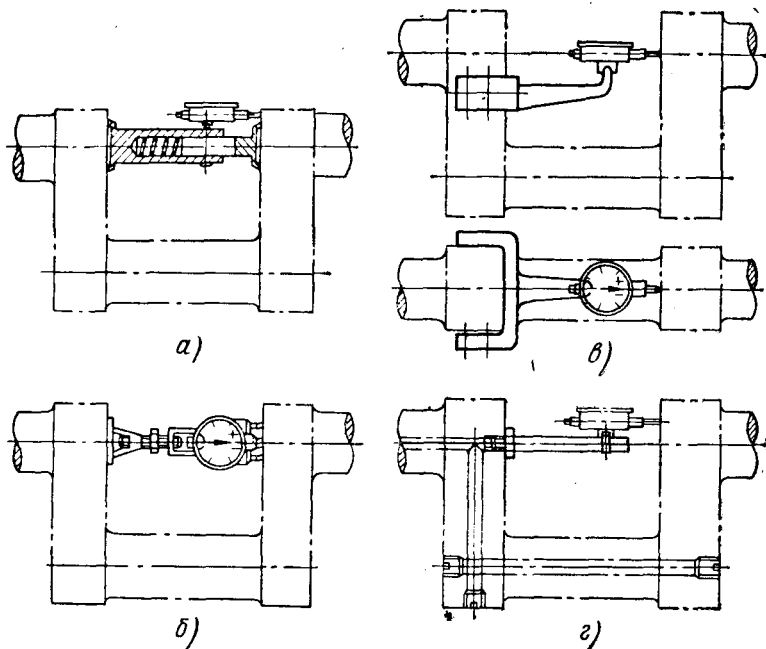


Рис. 36. Приспособление для измерения расхождения щек:

*а* — с пружиной; *б* — на опорной стойке; *в* — на скобе; *г* — на опорном стержне

ной. Стержень под действием пружины жестко зажимается между щеками кривошипа в направлении оси вала. При расхождении щек длина стержня изменяется. На стержне закреплен индикатор часового типа, ножка которого касается щеки. Индикатор показывает изменение расстояния между щеками. Иногда стержень крепят к одной из щек с помощью магнитной плиты. Шкалу индикатора устанавливают на ноль при положении кривошипа в одной из мертвых точек. За полный оборот вала стрелка индикатора, показав расхождения щек во всех положениях, должна вернуться на ноль. Для наблю-

дения за шкалой индикатора, когда она обращена вниз, служит зеркальце.

Для определения, какая из щек дает наибольшее расхождение, что, в свою очередь, позволяет определить неправильно лежащую коренную шейку, применяют приспособление с двумя индикаторами. Индикаторы устанавливают на штативе, закрепленном хомутом на шатунной шейке. Ножки индикаторов касаются щек и порознь фиксируют их расхождение.

Показания записывают на схеме, представляющей собой круг с нанесенными вертикальным и горизонтальным диаметрами. На концах диаметров отмечают показания индикатора, соответствующие данному положению кривошипа. В начале отсчета дают нулевую отметку и стрелкой показывают направление вращения вала, сближение щек обозначено знаком плюс, удаление — знаком минус. Величину расхождения отдельно в вертикальной и горизонтальной плоскостях подсчитывают как алгебраическую разность изменений расстояния между щеками.

Коленчатые валы быстроходных компрессоров с небольшим радиусом кривошипов и малым расстоянием между щеками имеют такую жесткость, при которой прогиб их под действием собственного веса очень незначителен. Поэтому во избежание погрешностей при замере расхождения щек следует, давая на вал дополнительную нагрузку, убедиться, что шейки вала плотно лежат в нижних вкладышах. Коренные шейки проверяемого кривошипа прижимают к вкладышам. Для этого затягивают гайки крышки верхнего вкладыша, предварительно удалив регулировочные прокладки, устанавливаемые между вкладышами. Чтобы произвести замер в следующем положении кривошипа, гайки освобождают, поворачивают вал на  $90^\circ$  и вновь затягивают крышку подшипников так, чтобы верхний вкладыш вошел в соприкосновение с валом.

Величина допускаемого расхождения щек зависит от величины хода поршня (удвоенного радиуса кривошипа) и не должна быть больше  $0,0001s$  ( $s$  — ход поршня в мм). При монтаже следует стремиться к получению минимальных значений расхождения щек, учитывая, что при эксплуатации значение их возрастет. Расхождение щек в горизонтальной плоскости не должно превышать  $0,01$  мм. Ниже приведены допускаемые расхождения щек в верти-

кальной плоскости при различных радиусах кривошипа (в мм):

Радиус кривошипа . . . . .	До 200	200—250	250—300	Свыше 300
Допускаемое расхождение щек	0,02	0,03	0,05	0,06

Для двухопорных коленчатых валов, имеющих один или два кривошипа между опорами, расхождение щек зависит от величины зазора, оставляемого для смазки во вкладышах коренных подшипников. Расхождение не должно превышать 0,001s. При одном кривошипе расхождение щек в вертикальной плоскости при надетом шкиве составляет 0,08—0,15 мм, а при двух кривошипах 0,2—0,25 мм. Расхождение при горизонтальном положении кривошипа не должно превышать 0,01 мм. Расхождение щек возрастает по мере износа вкладышей.

Указанные выше допуски на расхождение щек справедливы как при укладке одних коленчатых валов, так и при выверке излома их оси во время установки роторов электродвигателей и шкивов, навески шатунов (при большом весе шатунно-поршневой группы) и т. п. В оппозитных компрессорах раскены первого и второго колена после электродвигателя фактически составляют 0,08—0,1 мм для базы 4M10, 0,12—0,14 — 4M16, 0,12—0,16 — 4M25 и 0,13—0,16 мм — 6M40.

*Регулирование расхождения щек.* В двухопорных валах расхождение щек можно уменьшить только изменением радиального зазора во вкладышах коренных подшипников (рис. 37, а). Минимальные значения радиальных зазоров, которые можно установить при данном диаметре шейки вала, определяются условиями подачи смазки, а также величиной теплового расширения вала при работе (см. с. 81). При чрезмерном уменьшении зазоров может произойти «защемление» вала при нагреве и выплавление баббита вкладышей.

Большие расхождения щек при горизонтальном положении кривошипов связаны обычно с нарушением соосности нижних вкладышей обоих подшипников. Следует перезалить один комплект вкладышей и при их расточке сместить центр относительно наружной поверхности по горизонтали на величину расхождения. Величина смещения центра составляет 0,25 от произведения расхождения на отношение расстояния от щеки кривошипа до центра вкладыша к радиусу кривошипа.

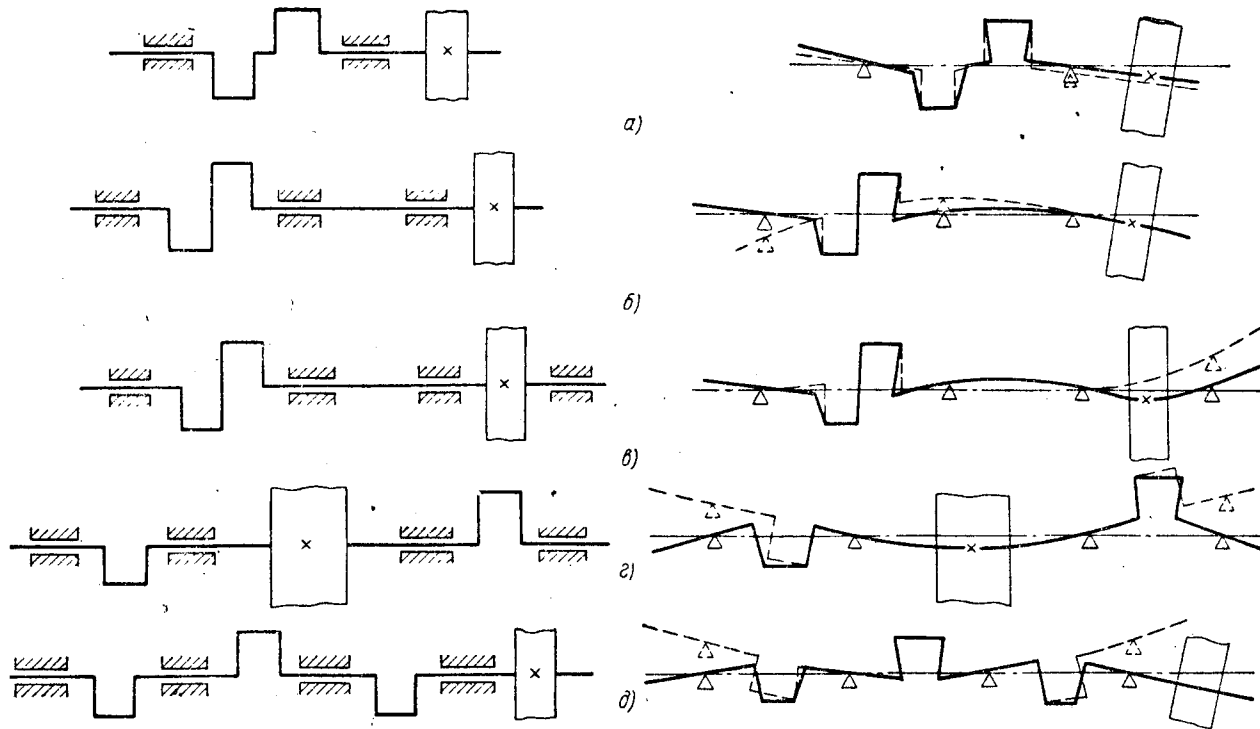


Рис. 37. Схемы деформации валов:

*a* — двухкривошипного двухопорного; *б* — двухкривошипного трехопорного с ротором на консоли; *в* — двухкривошипного трехопорного с выносным подшипником; *г* — двухкривошипного с ротором посередине; *д* — многоопорного

При установке на наружной консольной части коленчатого вала шкива увеличивается расхождение щек кривошипов и происходит излом оси вала. Для уменьшения расхождения вкладышу, примыкающему к шкиву, дают небольшой уклон в сторону шкива. Для этого после проведения всех операций по укладке вала между коренной шейкой, противоположной шкиву и ее вкладышам, ставят латунную пластину толщиной 0,07—1,0 мм. Затем вторично пришабривают вкладыш, промыкающий к шкиву, для полного устранения образовавшегося зазора.

О характере излома оси многоопорных коленчатых валов судят, замеряя расхождение щек всех кривошипов отдельно в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Сопоставление проводят графически. Для этого от горизонтальной нулевой линии, разделенной на части (соответственно количеству опор), откладывают в любом масштабе величины расхождений. Вверх от горизонтальной линии — расхождения со знаком минус, вниз — расхождения со знаком плюс. Все точки соединяют между собой. Полученная ломаная линия приближенно воспроизводит искривление оси вала. По этой линии можно судить о том, в каком направлении необходимо сместить вкладыши подшипников, вызывающие искривление оси.

Для опускания оси шабруют баббит нижнего вкладыша так, чтобы между нижним и верхним вкладышами сохранился достаточный набор регулировочных прокладок. Смещение оси вбок путем шабрования баббита вкладыша возможно, если это позволяют величины боковых зазоров. В противном случае комплект вкладышей следует перезалить и при их расточке сместить центр в требуемом направлении (см. с. 65). Также поступают в случае, когда необходимо поднять ось подшипника. Установка прокладок между вкладышем и его постелью не допускается. Шабровку вкладышей при исправлении искривления оси вала необходимо вести постепенно с неоднократной проверкой уменьшения расхождения щек в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

На консольной части трех- и пятиопорных коленчатых валов оппозитных компрессоров устанавливают роторы электродвигателей, имеющие большую массу. Возникающее при этом чрезмерное расхождение щек плохо поддается регулировке (рис. 37, б), так как трудно изменить положение вкладышей подшипников по высоте. Тем не менее условия работы коленчатого вала будут значительно

облегчены, если при прогибе консольной части вала подшипник, примыкающий к первому от ротора кривошипу, приподнять, а подшипник, примыкающий ко второму от ротора кривошипу, опустить. Первая операция выполняется наплавкой баббита на нижний вкладыш и последующей расточкой обоих вкладышей со смещением центра. При второй операции пришабривают нижний вкладыш. Величины смещений зависят от прогиба консольной части вала. Следует учитывать, что наибольшую нагрузку несут верхние вкладыши среднего и левого подшипников, поэтому пригонять их нужно наиболее тщательно.

При работе верхнего вкладыша зазор для смазки располагается между шейкой вала и нижним вкладышем и измеряется щупом. Для таких коленчатых валов (см. рис. 37, б) расхождение щек можно регулировать следующим способом. После обычной укладки вала во вкладыши и посадки на консоль ротора нижний вкладыш примыкающего к первому кривошипу подшипника извлекают, приподнимая вал. Опилывают тыльную часть вкладыша на глубину до 0,3 мм с проверкой прилегания к постелям рамы по краске. Затем нижний вкладыш ставят на место и крышкой подшипника поджимают верхний вкладыш, доводя расхождение щек в вертикальной плоскости до нормы.

Зазор между шейкой вала и нижним вкладышем проверяют щупом и доводят до монтажного дополнительной опилкой.

По зазорам в стыках вкладышей подбирают комплект прокладок.

При больших расхождениях применение указанного способа может снизить перегрузку подшипника.

В тонкостенных вкладышах возможности изменять величину раскепа ограничены, так как слой баббита имеет толщину 0,7—1,0 мм с допуском  $\pm 0,2$  мм, а снятие затылка вкладыша может уменьшить величину натяга при посадке вкладыша в постель. Изменение возможно только за счет небольшого сшабривания баббита при минусовом допуске на 0,1—0,2 мм и при плюсовом до 0,3—0,4 мм. Минимальная толщина слоя допускается 0,5 мм.

Возможно также смещение осей вкладышей на требуемую величину смещения при вторичной их перезаливке баббитом и механической обработке.

Расхождение щек коленчатых валов горизонтальных компрессоров, подшипники которых состоят из четырех

частей, вызывается прогибом вала после установки на него ротора (рис. 37, з). Масса ротора при чрезмерном расхождении щек увеличивает нагрузку на вкладыши внутренних подшипников и может вызвать при работе компрессора их нагрев и выплавление баббита.

Расхождение щек регулируется пришабриванием соответствующих вкладышей. Если в нижнем положении кривошипа его щеки расходятся, а в верхнем — сближаются, то следует пришабрить нижние вкладыши внутреннего подшипника или приподнять нижний вкладыш наружного подшипника. Если же щеки сближаются в нижнем и расходятся в верхнем положении кривошипа, то шабруют нижний вкладыш наружного подшипника или поднимают вкладыш внутреннего.

При горизонтальном положении кривошипов расхождение щек регулируют правильной установкой боковых вкладышей, что осуществляется с помощью наборов прокладок. При регулировке расхождения щек по вертикали в связи с прогибом вала над действием массы ротора баббит сшабривают с вкладышей с небольшим уклоном в сторону ротора. Положение щек во вкладышах проверяют по краске на прилегание к баббиту и по щупу — на величину зазора.

Когда консольная часть вала опирается на выносной подшипник (см. рис. 37, в), положение щек кривошипа после установки на вал ротора электродвигателя или шкива регулируют изменением положения выносного подшипника. Для регулировки положения выносного подшипника по высоте между строгаными выступами его основания и фундаментной плитой устанавливают наборы прокладок толщиной 2,0; 1,0; 0,5; 0,2 и 0,1 мм. Положение выносного подшипника по горизонтали регулируют с помощью упорных болтов, которые по одному или два ввертывают в боковые стенки фундаментной плиты и прижимают с двух сторон основание корпуса подшипника. Вместо упорных болтов можно применять клинья, которые забивают на разную длину между боковыми стенками плиты и основанием корпуса подшипника, смещая его по горизонтали на требуемую величину. При регулировке положения выносного подшипника изменение расхождения щек неоднократно контролируют. Положение во вкладыше примыкающей к ротору коренной шейки проверяют щупом 0,03 мм. Не допускается отрыв шейки от вкладыша при подъеме выносного подшипника. При замерах рас-



хождения щек во избежание подъема шейки ее прижимают верхним вкладышем и крышкой без прокладок.

**Установка зазоров в подшипниках.** Радиальный монтажный зазор во вкладышах подшипников нужен для подачи смазки к шейке вала и обеспечения ее теплового расширения. В подшипниках с тонкостенными вкладышами требуемый расчетный зазор устанавливается при затяжке крышки за счет натяга вкладышей, которые по длине окружности превышают постель на 0,13—0,17 мм. Зазор нерегулируемый и при предельных значениях зазора вкладыши заменяются. Величина радиального зазора, задаваемая при обработке, составляет 0,0005—0,00075 от диаметра шейки вала.

В обычных вкладышах зазоры регулируют установкой наборов прокладок в разьеме вкладышей подшипников, состоящих из двух частей, или в стыках между боковыми, верхними и нижними вкладышами в подшипниках из четырех частей. Ниже приведены монтажные зазоры при различных диаметрах шейки вала (в мм):

Диаметр шейки	100—180	180—300	300—450	450—600
Монтажный зазор	0,1—0,18	0,18—0,23	0,23—0,25	0,25—0,28

Монтажный зазор устанавливают по данным о фактическом зазоре между верхним вкладышем и шейкой вала или о зазоре между стыками вкладышей, установленных без прокладок при затянутых крышках подшипников. Фактические зазоры определяют с помощью свинцовых оттисков (рис. 38). При регулировке радиальных зазоров в подшипниках, состоящих из двух частей, между верхним вкладышем 2 и шейкой вала 1 закладывают полоски (толщиной 0,5—1,0 мм, шириной 2—3 мм) из листового свинца 3, свернутые спиралью. Одну полоску располагают по оси и две — поперек шейки вала у ее краев. Ставят на место верхний вкладыш с прокладками 4 и прижимают крышку гайками. Толщину извлеченных оттисков, соответствующую фактическому зазору  $s$ , измеряют микрометром. Для изменения зазора уменьшают или увеличивают толщину набора прокладок между вкладышами. Зазор должен быть одинаковым вдоль всего вкладыша. Отдельные места с уменьшенным зазором дополнительно пришабривают.

При установке радиального зазора в подшипнике с вкладышами из четырех частей после пригонки нижней части радиальные зазоры между шейкой вала и боко-

выми вкладышами регулируют. В подшипниках, где этот зазор регулируют с помощью прокладок, боковые вкладыши до установки соединяют с набором прокладок, который зажимают между вкладышем и направляющей щекой. Последнюю предварительно проверяют по краске на прилегание к постели под вкладыш подшипника. Оба боковых вкладыша устанавливают одновременно.

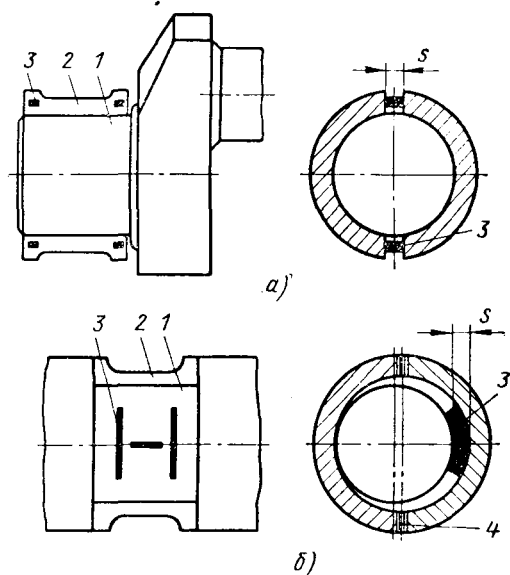


Рис. 38. Схемы измерения зазоров в стыках вкладышей (а) и между вкладышем и валом (б) по свинцовым оттиском:

1 — шейка вала; 2 — вкладыш подшипника; 3 — свинцовый оттиск; 4 — прокладки

В собранном виде они должны заходить на свое место в подшипник от легких ударов молотком. Чтобы не повредить вкладыш, применяют наставку из металла, более мягкого, чем молоток.

Величину бокового зазора между шейкой вала и боковыми вкладышами проверяют щупом. При необходимости изменяют толщину набора прокладок между затылком вкладыша и щекой. Величина бокового зазора должна составлять 0,12—0,14 мм для шеек диаметром 250—300 мм.

В подшипниках, у которых боковые вкладыши прижаты с помощью клиньев, установку боковых зазоров проводят в следующем порядке. После подгонки клиньев по краске к затылкам вкладышей и постелям подшипник полностью собирают вместе с валом (см. рис. 32, а). При этом гайки, подтягивающие клинья, ослабляют, чтобы

вал свободно лежал на нижних вкладышах. На раме устанавливают индикатор часового типа, чтобы фиксировать сдвиг вала при подтягивании клиньев.

Сначала затягивают гайку одного клина до тех пор, пока стрелка индикатора не сместится на 0,02 мм. После этого затягивают гайку второго клина до возврата стрелки индикатора на ноль. При такой затяжке клиньев между боковыми вкладышами и шейкой вала зазоров не будет.

Далее гайки обоих клиньев освобождают на величину, необходимую для создания требуемого бокового зазора. Количество оборотов, на которое требуется повернуть при этом гайку клина, должно быть равно отношению заданной величины радиального бокового зазора (в мм) к шагу резьбы гайки клина (в мм) и к углу клина, который обычно принимают равным 1 : 10. Радиальный боковой зазор при отсутствии особых указаний принимают равным половине верхнего зазора.

Величину и равномерность верхнего радиального зазора для подшипников из четырех частей чаще всего проверяют следующим способом. Удаляют наборы прокладок между боковыми и верхним вкладышами. По углам стыков укладывают четыре свинцовых кубика с длиной ребра 15 мм. Верхний вкладыш устанавливают на место и прижимают крышкой с затянутой гайкой. По толщине полученных свинцовых оттисков, измеряемой микрометром, можно судить о толщине наборов прокладок, которые следует поставить в стыках при нулевом радиальном зазоре в верхнем вкладыше. Толщина такого набора прокладок равна полусумме толщин оттисков, лежащих в одном сечении шейки вала.

Когда полусуммы толщин оттисков, взятых в двух или трех сечениях, различаются более чем на 0,02 мм, следует произвести дополнительную шабровку верхнего вкладыша, снимая баббит в местах с уменьшенным зазором. Проверку производят на краску по шейке вала. Окончательно толщину набора прокладок подсчитывают как сумму толщин набора при нулевом зазоре и паспортного верхнего зазора в подшипнике. Этим же способом (рис. 38, а) может быть установлен радиальный зазор и в подшипниках с вкладышами из двух частей.

Материалом прокладок служит листовая латунь Л62, текстолит или декапированная сталь. Ниже приведены

толщина набора прокладок и количество прокладок при разных диаметрах шейки:

Диаметр шейки в мм . . .	До 100	До 200	До 300
Толщина набора прокладок в мм . . . . .	2—3	3—5	5—6
Количество прокладок в шт. . . . .	5—6	6—8	8—10

Например, набор толщиной 4 мм должен включать две прокладки толщиной 1 мм, три — толщиной 0,5 мм, две — толщиной 0,2 мм и одну — толщиной 0,1 мм. Контур прокладок должен соответствовать контуру стыков. При наличии контрольных штифтов в прокладках должны быть отверстия. Зазор между шейкой вала и кромкой набора прокладок сохраняют в пределах 0,3—0,5 мм. При большем зазоре возможны утечки масла.

После укладки вала окончательно промывают и протирают вкладыши и шейки вала, еще раз продувают воздухом и смазывают маслоподводящие каналы, закрывают деревянными пробками отверстия в подшипниках, к которым впоследствии присоединяют маслопроводы. Если при обкатке компрессора перегреваются вкладыши или появляются стуки, доводку и регулировку подшипников проводят дополнительно.

## МОНТАЖ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Порядок монтажа механической части электродвигателя зависит от типа соединения вала его ротора с коленчатым валом компрессора. В оппозитных компрессорах роторы электродвигателей устанавливают на коленчатом валу консольно или на приставном валу, который соединяется с коленчатым валом фланцем. В горизонтальных компрессорах с односторонним расположением цилиндров ротор устанавливают на коленчатом (коренном) валу между его опорами. В угловых и вертикальных компрессорах применяют соединения с помощью ременной передачи или различных муфт.

Для электродвигателей, у которых роторы устанавливают на коленчатый (коренной) или приставной вал, перед монтажом проводят следующие подготовительные работы. Поверхность ступицы ротора, прилегающую к валу, и опорные поверхности лап статора очищают от антикоррозионного покрытия, обмотки статора и ротора обдувают сухим воздухом, очищают поверхности тан-

генциальных шпонок и шпоночных пазов, затем замеряют ширину тангенциальных шпонок, сложенных парой в рабочее положение (допускаемое отклонение 0,1 мм). Проверка по краске прилегания шпонок одна к другой и к стенкам пазов должна давать не менее пяти пятен на каждом квадрате 25×25 мм.

На фундаментных плитах насечкой или керновкой размечают по анкерным отверстиям расположение поперечной оси статора. Далее фундаментные плиты уста-

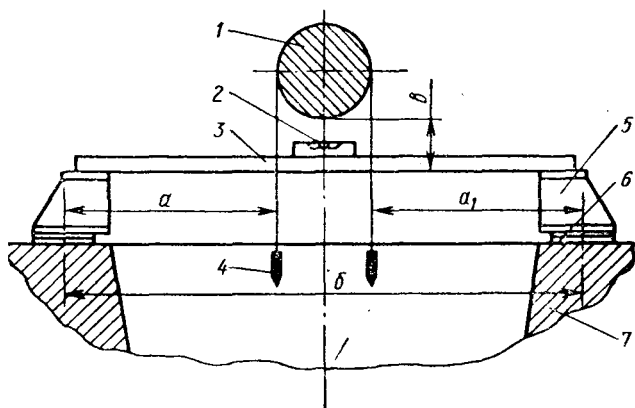


Рис. 39. Схема выверки на фундаменте плит статора:

1 — коленчатый вал; 2 — уровень; 3 — рейка или линейка;  
4 — отвес; 5 — плита; 6 — подкладки; 7 — фундамент

навливают в приямок фундамента на заранее выставленные наборы подкладок. Наборы располагают по обе стороны анкерных колодцев. Нижние прокладки притирают к поверхности фундамента. В крупных машинах один набор ставят под плиту по поперечной оси статора. В этих же машинах практикуется установка подкладок не в наборе, а на бетонных подушках с выверкой высотных отметок нивелиром и горизонтальности — уровнем (см. рис. 19). Высоту набора подбирают так, чтобы первоначально плиты были установлены на 2—3 мм ниже проектной отметки.

Одновременно с плитами ставят в колодцы анкерные болты. Нанесенные на плитах отметки осей совмещают с поперечными осями по отметкам реперов фундамента. Далее подкладками выверяют горизонтальность плит и положение их по высоте (рис. 39). Деревянную рейку или линейку 3 с уровнем 2 ставят на плиты 5 по отметке

поперечной оси. На валу *1* по чертежу отмечают положение поперечной оси статора. На этой отметке по обе стороны от вала опускают шнуры с отвесами *4*. Для проверки положения плит *5* относительно оси вала *1* измеряют в нескольких местах расстояния *a* и *a*<sub>1</sub> от осевых линий отверстий анкерных болтов до шнура отвеса. Расстояния *a* и *a*<sub>1</sub> должны быть равны (допускаемое отклонение  $\pm 1$  мм). Следует учитывать, что сумма этих расстояний и диаметр вала обязательно должна быть равна расстоянию *b* между осевыми линиями анкерных болтов по чертежу. При неравенстве расстояний *a* и *a*<sub>1</sub> плиты сдвигают в требуемом направлении.

Для выверки статора по высоте за базу принимают коренной вал и расстояние *b* от низа рейки до нижней образующей вала.

Горизонтальность плит проверяют уровнем, который ставят на каждую плиту в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Допускаемые уклоны плит — по оси вала 0,1 мм на 1 м, по поперечной оси электродвигателя 0,3 мм на 1 м. Уклоны обеих плит должны быть одинаково направлены.

Далее затягивают гайки анкерных болтов. При затяжке проверяют щупом и молотком (обстукиванием) прилегание плит к пакетам подкладок, а также уровнем возможные нарушения горизонтальности.

**Электродвигатели оппозитных компрессоров.** Монтаж их имеет некоторые особенности, связанные с расположением ротора относительно коленчатого вала компрессора.

Монтаж электродвигателей, ротор которых устанавливают на конце коленчатого вала, консольном или опирающемся на выносной подшипник, или на приставном валу, имеющем опору на выносном подшипнике, начинают с установки и выверки фундаментных плит, затяжки фундаментных болтов.

При установке ротора на консоли вала сборку выполняют на монтажной площадке на выкладке из деревянных шпал. Ротор с валом заводят в статор в два приема. Строп располагают так, чтобы при подъеме ротор и вал заняли горизонтальное положение, в то же время необходимо, чтобы конец вала, противоположный ротору, можно было на максимальную длину завести в статор. При второй строповке ротор полностью заводят на место. Обмотки катушек предохраняют от повреждения картон-

ными или паронитовыми прокладками. Вал с электродвигателем в сборе укладывают на подшипники рамы.

Ротор может быть установлен на консоль коленчатого вала и в случае, когда вал уложен в подшипники рамы. Для этого статор после предварительной установки и выверки на плитах сдвигают до предела в сторону от рамы. Ротор, подвешенный на стропе, заводят на консоль вала с помощью нажимного приспособления, захваты которого закрепляют на щеке первого кривошипа. После выверки ротора и установки шпонок статор возвращают на прежнее место с помощью домкратов.

При выверке зазора между сердечниками катушек статора и ротора при окончательной установке статора необходимо учитывать прогиб консольного конца вала под действием массы ротора (см. с. 76). Это следует учитывать и при регулировке расхождения щек ближайшего к ротору кривошипа коленчатого вала изменением положения выносного подшипника. Выверяя зазоры между статором и ротором на консоли вала, следует учитывать одностороннюю силу магнитного притяжения, возникающую, если зазор неравномерный, силу, которая может частично компенсировать вес ротора, уменьшая этим раскеп и нагрузку на подшипники. У оппозитных компрессоров величина эксцентриситета, при котором возникает односторонняя поддерживающая магнитная сила, должна быть не меньше 0,2 от величины зазора для базы М10 и 0,3 — для баз М16 и М25 и направлена вверх.

Коленчатый вал соединяют с приставным валом фланцами, которые выполняются за одно целое с валами. Соединение производят до установки ротора на приставной вал по заводским контрольным меткам. Валы центрируют с помощью выступа на одном из фланцев и впадины на другом. При совпадении осей болты, соединяющие фланцы, должны плотно входить в отверстия от легких ударов молотком по прокладке. Часто приходится развертывать отверстия из-за некоторого смещения их центров, несоответствия отверстий диаметру болтов или относительного смещения фланцев. Фланцы соединяют четырьмя монтажными болтами уменьшенного диаметра, располагая их крестообразно по окружности. Применяют комплект из трех разверток, считая, что за один проход снимается припуск до 0,2 мм. Диаметр последней развертки должен быть равен диаметру призонного болта.

Используют также приспособление, включающее хомут с втулкой для направления развертки, который закрепляется на коленчатом валу перед фланцем, и упорную стойку, устанавливаемую на шпильках вместо крышки коренного подшипника, примыкающего к раме. На упорной стойке закреплен винт, с помощью которого производят осевую подачу развертки. Развертку вращают вручную трещоточным или обычным гаечным ключом. Упорная стойка может быть выполнена также за одно целое с хомутом и направляющей втулкой, в этом случае упорную стойку можно устанавливать с любой стороны фланца.

После установки призонных болтов удаляют монтажные болты. Отверстия, в которых были установлены монтажные болты, развертывают. Последовательность затяжки крест-накрест.

Прямолинейность общей оси коленчатого и приставного валов проверяют по расхождению щек первого от фланца кривошипа, для чего оба вала после соединения укладывают в предварительно пригнанные вкладыши коренных подшипников рамы и выносного подшипника. Расхождение щек в вертикальной и горизонтальной плоскостях доводят до нуля изменением положения выносного подшипника. Затем при помощи индикатора измеряют биение шейки приставного вала, поворачивая вал на один оборот. Индикатор крепят на стойке выносного подшипника. Биение, указывающее на излом оси валов в месте их соединения, устраняют вторичной более точной затяжкой фланцев.

Когда приставной вал поступает в сборе с ротором, кроме описанных выше операций по центрировке, после установки выносного подшипника определяют по расхождению щек биение фланца приставного вала. За один оборот проверяют смещение или излом осей соединяемых валов.

На стойке, прикрепленной к одной из шпилек коренного подшипника, устанавливают два индикатора: стержень одного из них касается образующей, стержень другого — торца фланца приставного вала. Дефект устраняют перезатяжкой болтов всего соединения. При необходимости проверки перпендикулярности торца фланца к оси вала пользуются одним или двумя индикаторами, которые крепят на кронштейнах к шпилькам крышки подшипника. Вал вращают, отмечая показания индикатора



торов через каждые  $45^\circ$  угла поворота. Величина биения, указывающая на неперпендикулярность, равна разности показаний индикатора (в мм), взятых при противоположных положениях кривошипа и поделенных на расстояние между точками замера (в м). Эта величина не должна превышать 0,05 мм на 1 м диаметра. Работая одним индикатором, нужно исключить максимальное смещение вала.

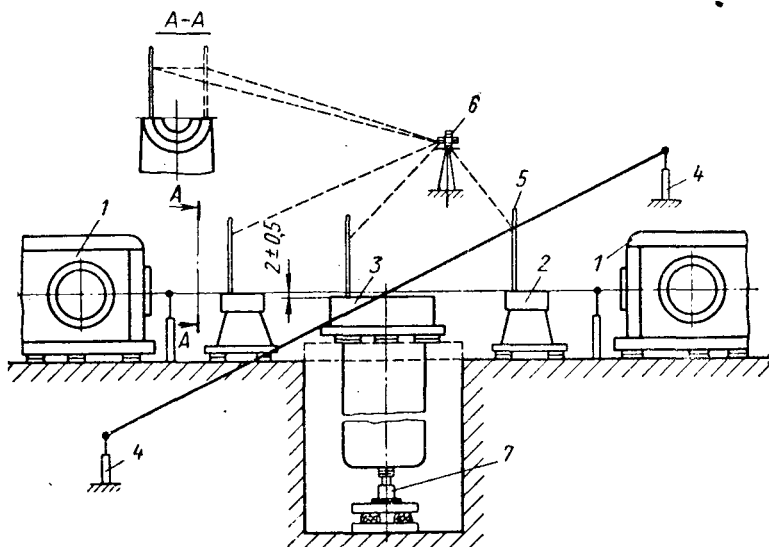


Рис. 40. Схема монтажа электродвигателя двухкорпусного оппозитного компрессора:

1 — рама компрессора; 2 — выносной подшипник; 3 — нижняя половина статора; 4 — телескопическая стойка; 5 — рейка; 6 — нивелир; 7 — домкрат

Неперпендикулярность фланца устраняют обработкой на стенке, при незначительной ее величине — припиливанием и шабрением.

Электродвигатели, поступающие в сборе и соединяемые с компрессором муфтой, подвергают центровке валов, порядок которой изложен ниже.

В крупных двухкорпусных оппозитных компрессорах электродвигатель расположен между корпусами (рис. 40). Статор 3 — разъемный из двух половин. Вал ротора массой 8,5 т опирается на два выносных подшипника 2, устанавливаемых отдельно на фундаменте. Вал соединяется муфтами с коленчатыми валами обоих корпусов компрессора. Статорные плиты устанавливают на фун-

дамент и выверяют нивелиром 6 на подкладках, уложенных на бетонные подушки. При транспортировании краном нижней половины статора массой 12,5 т в нее закладывают по диаметру деревянный брус, для того чтобы не свело свободные концы стыка. Под нижней частью статора устанавливают два опорных домкрата 7.

Выносные подшипники устанавливают на фундаменте на плитах, выверяемых с помощью подкладок. Подшипник со стороны коллектора имеет электроизоляционные прокладки. Нижнюю половину статора выверяют по отношению к выносным подшипникам с помощью струн, которые натягивают на телескопических стойках: одну — по оси подшипников с взаимной расцентровкой их по плоскости разъема (допускаемое отклонение  $\pm 0,1$  мм) и вторую — по поперечной оси электродвигателя. Струны должны пересекаться под прямым углом, причем ось подшипников располагается выше оси электродвигателя на  $2 \pm 0,5$  мм. Показатель правильной установки нижней части статора — совпадение струны с осевыми отметками на плоскости его разъема. Высотные отметки плоскостей разъема нижней половины статора, а также высотные отметки подшипников проверяют нивелиром 6. Подшипники должны быть расположены на  $2 \pm 0,5$  мм выше статора. Регулируют высоту подкладками, уложенными между плитой и подошвой подшипников.

Допускаемые разности высотных отметок для одного подшипника 0,0 мм, между подшипниками  $\pm 0,5$  мм, для плоскостей разъема статора  $\pm 0,5$  мм.

Ротор (массой 16 т) электродвигателя неразъемный; на монтажной площадке его устанавливают в специальные деревянные распорки, затем в него запрессовывают вал и закрепляют шпонки. При запрессовке применяют специальное приспособление. Колесо ротора подогревают на  $25\text{--}30^\circ\text{C}$ . Полюсные катушки монтируют до или после установки вала с ротором на подшипники (это зависит от грузоподъемности крана). Проверяют прилегание вкладышей к шейкам вала ротора. Далее вал укладывают в очищенные и заправленные маслом подшипники. Затем измеряют осевые зазоры во вкладышах. Регулировку зазоров до значений 0,5—0,8 мм выполняют смещением плит.

После установки катушек ротора проводят электро-монтажные работы по их соединению. Механизм для поворота вала устанавливают горизонтально (допускаемое

отклонение 0,1 мм на 1 м), зазор между вершиной ведущей звездочки и впадиной зуба венца 5 мм. При установке верхней половины статора между стыками обеих половин ставят прокладки (толщиной 0,5 мм) из паронита или картона. Радиальный зазор между сердечниками катушек статора и ротора во всех точках должен составлять  $15 \pm 0,5$  мм. Изменение зазора, замеряемого на одной линии по обе стороны от статора, не должно

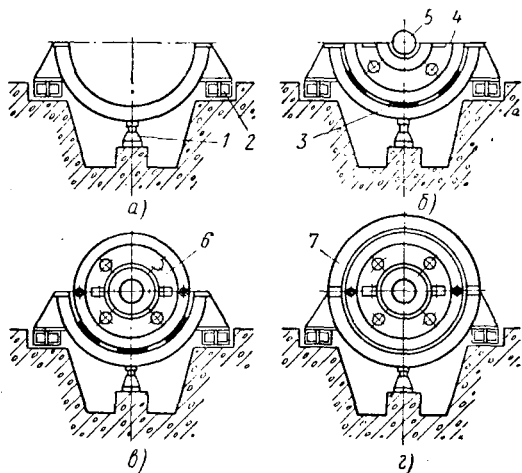


Рис. 41. Схема монтажа электродвигателя с разъемным статором:

1 — домкрат; 2 — плита; 3 — нижняя часть статора; 4 — нижняя часть ротора; 5 — коренной вал; 6 — верхняя часть ротора; 7 — верхняя часть статора

превышать 0,2 мм. Это изменение характеризует перпендикулярность оси компрессора к поперечной оси электродвигателя. После подливки плит статор сдвигается домкратами параллельно оси, освобождая ротор для электромонтажных работ.

**Электродвигатели горизонтальных двухрядных компрессоров.** В машинах этого типа ротор закрепляют на средней части коренного вала. Поэтому монтаж сводится к установке и выверке на фундаменте статора электродвигателя, сборке и закреплению ротора на валу компрессора, установке контактных колец и щеткодержателя и присоединению механизма для поворота вала.

Есть различие в монтаже электродвигателей с разъемным и неразъемным статором. В последнем случае при наличии крана небольшой грузоподъемности монтаж выполняют непосредственно на фундаменте. Если есть кран необходимой грузоподъемности, то электродвигатель собирают на монтажной площадке, а затем устанавливают его на фундаменте.

Монтаж разъемного статора (рис. 41) начинают с установки на фундаментные плиты 2 и закрепления болтами его нижней части 3. Между лапами нижней части статора и фундаментными плитами закладывают наборы регулировочных подкладок. Толщина набора 4—6 мм. Предварительно коренной вал 5 снимают и укладывают вблизи на козлы или подкладки. Для поддержки нижней части 3 статора под ее середину подводят временную опору из деревянных брусьев или (в зависимости от габаритов и массы) устанавливают один или два винтовых домкрата 1 (рис. 41, а).

Ротор разъединяют на две части, отвертывая для этого соответствующие болты на стыках и отсоединяя контакты на примыкающих катушках. Нижнюю часть 4 ротора опускают на внутреннюю поверхность нижней части 3 статора, покрытую листами картона или паронита. Далее коренной вал 5 укладывают в подшипники рам. Зазор между нижней частью ротора и валом при этом должен быть 10—12 мм (рис. 41, б). Верхнюю часть 6 ротора накладывают на вал 5 так, чтобы она совпала с нижней (рис. 41, в). Проверяют совпадение шпоночных канавок, а также по чертежу положение ротора на валу, затем соединяют половины ротора болтами. Тангенциальные шпонки после установки на место прихватывают электросваркой.

Далее проверяют зазор между сердечниками катушек нижней части статора и ротора. Величина этого зазора приведена в паспорте. Проверку выполняют при затянутых болтах, крепящих статор к плитам. После установки и закрепления болтами верхней части статора проверку повторяют.

При сборке следят за тем, чтобы совпали оси сердечников катушки статора и ротора (рис. 41, г). Зазор между сердечниками катушек ротора и статора устанавливается равномерным по окружности с помощью подкладок под фундаментные плиты или лапы статора. Однако, учитывая износ и уплотнение баббита вкладышей в процессе работы и связанное с этим опускание оси вала и ротора, необходимо при монтаже следить за тем, чтобы нижний зазор был на 20% больше верхнего. Зазоры измеряют по сердечнику одной из катушек при поворачивании ротора на полный оборот. Зазоры в сердечниках катушек не должны превышать 10% от величины номинального зазора, указанного в паспорте. Измерение проводят длинными

щупами, изготовленными из листового алюминия. Набор щупов вставляют в зазор с двух сторон статора.

После окончательной выверки статора положение его на фундаментных плитах фиксируется установкой контрольных шпилек. Для этого одновременно рассверливают и развертывают отверстия в лапах статора и в фундаментных плитах. Далее на цилиндрическом участке вала закрепляют контактные кольца, которые должны упираться в проточку на его поверхности.

Для установки щеткодержателя необходимо его примерить вместе с кронштейном по кольцам на валу и наметить на стене приямок фундамента расположение закладных болтов для крепления кронштейна. Эти болты бетонируют по сделанной разметке в пробитых или заранее оставленных глухих отверстиях. После выдержки бетона кронштейн в сборе с щеткодержателем устанавливают в рабочее положение.

Механизм для поворота вала выверяют на фундаменте с помощью зубчатого зацепления ведущей звездочки и венца маховика ротора. Плотность зацепления проверяют щупом. Зуб должен заходить во впадину не меньше чем на  $2/3$  своей высоты. Положение механизма для поворота вала по высоте регулируется подкладками. По окончании монтажа, как обычно, бетонируют анкерные болты и плиты. После выдержки бетона вторично подтягивают гайки анкерных болтов.

Если необходимо снять уже смонтированный ротор, то его или статор сдвигают в свободную часть статорного приямка. Нижнюю часть ротора подпирают домкратом. Отсоединяют и снимают краном верхнюю часть, не имеющую шпонки. К нижней части прикрепляют стяжками-шпильками скобу, которая плотно огибает вал. Затем вал поворачивают до тех пор, пока нижняя часть ротора не займет верхнее положение, затем ее стопорят к крану и скобу отсоединяют. Установку разъемного ротора при уже смонтированном коренном вале проводят в обратной последовательности.

Монтаж неразъемного статора после установки фундаментных плит выполняют в следующей последовательности (рис. 42). Коренной вал укладывают на козлах или подкладках вблизи компрессора. Статор 1 устанавливают на фундаментные плиты 6 как можно ближе к одной из стенок приямка под электродвигатель. На свободной части приямка делают выкладку из деревян-

ных шпал 3, на которую устанавливают и подпирают деревянными клиньями нижнюю часть ротора 2 с маховиком (рис. 42, а). В некоторых машинах ввиду малых размеров прямка эта часть ротора одной стороной может лечь на обмотки статора 1, которые предохраняют от повреждения листами картона или паронита толщиной 2—3 мм.

Коренной вал 5 краном заводят в статор 1 и укладывают в подшипники. Зазор между валом 5 и нижней половиной 2 ротора для соединения ее с верхней половиной 4 должен быть равен 10 мм. Шпоночные канавки

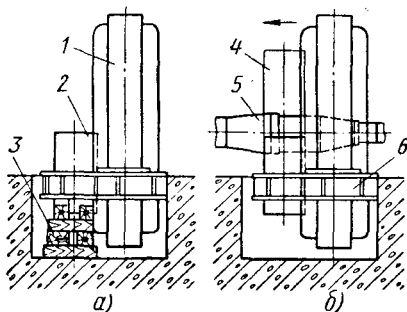


Рис. 42. Схема монтажа электродвигателя с неразъемным статором:

1 — статор; 2 — нижняя половина ротора; 3 — шпалы деревянные; 4 — верхняя половина ротора; 5 — коренной вал; 6 — фундаментная плита

на валу должны совпадать с канавками на нижней половине ротора. При заводке в статор вала его необходимо поддерживать в горизонтальном положении. Соединение, выверку по валу и закрепление нижней и верхней половины ротора проводят так же, как и в электродвигателях с разъемным статором.

После установки ротора статор домкратами или краном сдвигают вдоль оси вала (рис. 42, б) до тех пор, пока не совпадут насечки, фиксирующие поперечную ось электродвигателя на его лапах и фундаментных плитах. Между лапами и плитами ставят регулировочные подкладки, а затем выверяют и регулируют зазор между сердечниками катушек статора и ротора (см. с. 92).

При достаточной грузоподъемности крана электродвигатель можно собрать на монтажной площадке и в собранном виде установить в приямок фундамента. При этом кривошипный вал соединяют с ротором, установленным на деревянные шпалы. Вал с ротором заводят в статор, который закреплен на деревянных брусках, служивших для его транспортировки.

Сначала вал стопорят вблизи от места посадки ротора, для того чтобы завести в статор конец вала на предельно возможную длину. Затем вал стопорят за коренные шейки с соответствующим их предохранением и ротор заводят в статор. Между статором и ротором во избежание повреждения обмоток закладывают листы картона или паронита. Выверку на фундаментных плитах, регулировку зазоров между сердечниками катушек статора и ротора и крепление статора проводят как обычно. Установку вала в сборе ведут осторожно, чтобы не повредить баббит вкладышей.

**Электродвигатели горизонтальных однорядных компрессоров** устанавливают аналогично двухрядным. Однако при их установке можно регулировать горизонтальность вала и ротора изменением положения по высоте выносного подшипника с помощью подкладок между подошвой подшипника и фундаментной плитой. При вильчатой раме таким же путем регулируют расхождение щек кривошипов по вертикали, которое возникает в результате прогиба вала после установки на него ротора.

Монтаж неразъемного ротора электродвигателя, горизонтального однорядного компрессора проводят с предварительным подогревом ступицы до 250—300° С. Ротор устанавливают горизонтально над статорным приямком фундамента или на полу на брусьях, высота которых превышает половину длины вала. Затем проверяют диаметр отверстия ступицы и диаметр вала, а также соответствие последнего допускам напряженной или плотной посадки (примерно 0,05 мм на 100 мм диаметра). В ступицу вставляют электронагревательный элемент, подсоединяемый к понижающей стороне сварочного трансформатора. Отверстие ступицы с обеих сторон закрывают асбестом. Нагрев длится 2,5—3 ч. Далее вал вертикально подвешивают на крюке крана и в таком положении заводят в ступицу ротора, из которой предварительно удаляют нагревательный элемент. Вал быстро опускают до заданной отметки, фиксируя направление его движения шпонкой, заложенной в пазы ротора и вала.

Ступицу можно нагревать и при помощи двух кольцевых горелок.

**Электродвигатели с ременной передачей.** Преимущественно применяют клиноременные передачи. Монтаж начинают с насадки шкивов на консольные концы валов электродвигателя и компрессора, которые обычно постав-

ляют раздельно. Проверяют диаметры валов и отверстий шкивов и соответствие их посадочных размеров чертежу. Шкив насаживают на вал с помощью приспособления, предохраняющего подшипники от восприятия осевых нагрузок (рис. 43). Приспособление включает две траверсы 1 из швеллеров, имеющие по концам отверстия для стяжных болтов 2. Одну траверсу упирают в торец вала 3 со стороны коллектора, а другую — в торец шкива 4,

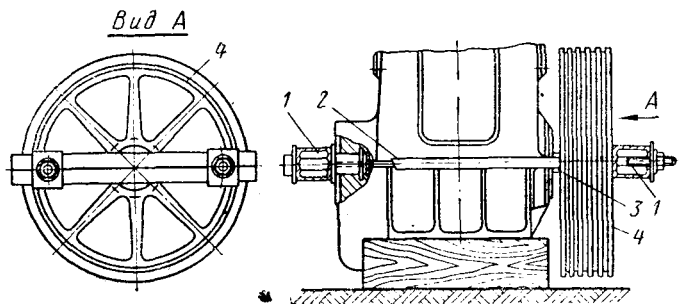


Рис. 43. Приспособление для насадки шкивов на валы компрессора и электродвигателя:

1 — траверса; 2 — стяжной болт; 3 — вал; 4 — шкив

слегка надвинутого на вал 3. Проверяют совпадение шпоночных канавок. Посадочные поверхности вала и шкива смазывают маслом. Посадку производят равномерным подтягиванием стяжных болтов.

Небольшие шкивы при соответствующих допусках можно насаживать легкими ударами кувалды по деревянной прокладке. При этом вал необходимо предохранять от сдвига во избежание повреждения вкладышей при ударе.

Электродвигатель вместе с прикрепленным к его лапам салазками устанавливают на плиту или раму, которые предварительно выверяют на фундаменте по уровню в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Электродвигатель по длине паза салазок закрепляют так, чтобы его можно было подвинуть в сторону компрессора на 50—80 мм при надевании ремней и смещать в противоположную сторону на любое расстояние для первоначальной натяжки ремней и компенсации их удлинения при эксплуатации.

Положение электродвигателя по горизонтали регулируют по оси вала с помощью уровня, установленного



на конце вала или на шкиве и перпендикулярно оси вала с помощью уровня, поставленного на простроганную часть салазок. Положение изменяют с помощью наборов подкладок (плоских или клиновых), закладываемых по два набора с каждой стороны между плитой (или рамой) и фундаментом. Допускаемый уклон: по оси вала 0,1 мм, по оси салазок 0,3 мм на 1 м.

Параллельность валов электродвигателя и компрессора, а также расположение в одной плоскости торцов их шкивов проверяют по шнуру (рис. 44). При правильном взаимном расположении электродвигателя и компрессора шнур, приложенный к торцам шкивов с одинаковым профилем сечения, должен касаться их в четырех точках без излома или находиться от шкивов на расстоянии  $a = b$ . При разных профилях шкивов шнур, касаясь торца одного шкива, должен находиться на расстоянии  $b = b_1$  от торца другого шкива.

После проверки электродвигателя плиту или раму с фундаментными болтами подливают бетоном.

**Электродвигатели с муфтовым соединением.** Применяют жесткие, упругие и компенсирующие (зубчатые) муфты. Половины муфт крепят на валах с помощью пружинчатых шпонок. В отдельных случаях выполняют плотную или напряженную посадку полумуфты на вал с предварительным ее подогревом. Допуски на посадку принимают по 2-му классу точности. Плоскости торцов муфт должны быть перпендикулярны оси вала, поэтому муфты проверяют на биение индикатором. Перекосы исправляют вторичной, более тщательной посадкой и реже — проточкой на валу электродвигателя, подключаемого к сети. Электродвигатель устанавливают на строганные площадки плиты (или рамы). Положение плиты (или рамы) по высоте регулируют клиновыми подкладками, заложенными между плитой (или рамой) и фундаментом. Небольшие электродвигатели устанавливают на клиновые подкладки в сборе с салазками и плитой (или рамой), что сокращает время монтажа.

Оси валов электродвигателя и компрессора центрируют по линейке, которую устанавливают сверху и сбоку на ободы полумуфт в направлении по оси валов. Если оси совпадают, то линейка плотно без просвета примыкает к ободам обеих полумуфт. Для смещения осей по высоте подбивают клинья, для смещения их по горизонтали сдвигают плиту (или раму). Между полумуфтами сохра-

няют зазор, указанный в чертеже. Зазор измеряют при валах, сдвинутых один к другому, чтобы затем при затяжках не учитывать осевой разбег валов.

Окончательно центрируют валы с помощью приспособления, позволяющего определить смещение и излом осевой линии. Таким же приспособлением центрируют валы по полумуфтам при различном диаметре ободов,

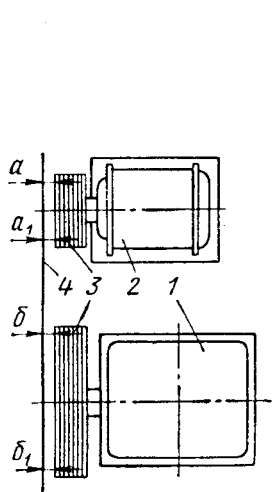


Рис. 44. Схема установки электродвигателя по шнуру:

1 — компрессор; 2 — электродвигатель; 3 — шкивы; 4 — шнур

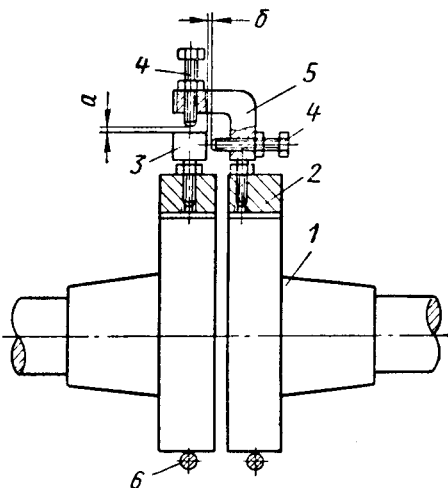


Рис. 45. Приспособление для центрирования валов по полумуфтам:

1 — полумуфта; 2 — центровочное приспособление; 3 — упорная головка; 4 — микрометрические болты; 5 — кронштейн; 6 — хомут

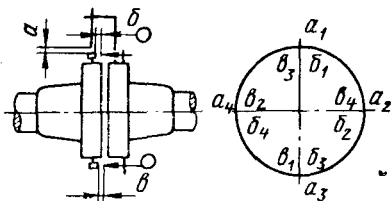
когда к ним нельзя приложить линейку. Приспособление (рис. 45) состоит из кронштейна 5 с двумя микрометрическими болтами 4 и упорной головки 3. Кронштейн 5 и головка 3 имеют шпильки с резьбой для закрепления на полумуфтах или на хомутах, с помощью которых они крепятся к ободам полумуфт. Вместо микрометрических болтов можно установить индикаторы часового типа. Полумуфты совмещают так, чтобы зазор 1—3 мм между микрометрическими болтами и упорной головкой сохранялся при совместном их повороте на 360°. Если применяют индикаторы, то их стержни должны постоянно касаться упорной головки.

Иногда кронштейн и головка снабжены магнитными основаниями, позволяющими крепить приспособление к по-

лумуфтам без предварительной подготовки отверстий под шпильки и без хомутов.

Порядок проверки соосности валов следующий. Полумуфты ставят так, чтобы центровочное приспособление находилось в верхнем положении. Щупом измеряют зазоры между микрометрическими болтами и упорной головкой; радиальный зазор  $a$  характеризует параллельное смещение валов, и осевой зазор  $b$  показывает излом осей центрируемых валов. При измерении индикатором фиксируют отклонение его стрелки. Такие же

Рис. 46. Схема расположения замеров радиального и осевых зазоров при центровке валов по полумуфтам



измерения производят, поворачивая совместно полумуфты на  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  и  $270^\circ$ . При возвращении в исходную точку данные последних измерений, сделанных с помощью щупа или индикатора, должны совпасть с данными первого измерения.

При измерении осевого зазора может возникнуть отклонение, так как валы при повороте могут сместиться на величину аксиальных зазоров в подшипниках. Поэтому вращая полумуфты, необходимо отжимать валы в одну сторону или измерять осевой зазор одновременно в двух точках  $b$  и  $b$  по диаметру (рис. 46).

Данные замеров записывают в таблицу или на круговой диаграмме. Величину параллельного смещения валов в горизонтальной или вертикальной плоскостях определяют как полуразность радиальных зазоров  $a$ , измеренных в соответствующих положениях центровочного приспособления: в горизонтальном ( $a_2$  и  $a_4$ ) и вертикальном ( $a_1$  и  $a_3$ ). Излом осей центрируемых валов подсчитывают для каждой плоскости как частное от деления разности осевых зазоров  $b$  и  $b$ , измеренных с помощью центровочного приспособления, на расстояние между точками замеров. Допускаемые величины смещения валов: 0,05 мм для жестких муфт; 0,08 мм для упругих пальцевых муфт. Допускаемые величины излома осей валов: 0,1 мм для жестких муфт и 0,12 мм на 1 м для упругих муфт. Для

компенсирующих муфт (зубчатых и др.) эти значения могут быть удвоены. Все муфты независимо от допусков должны быть отцентрированы предельно точно.

### МОНТАЖ ЦИЛИНДРОВОЙ ГРУППЫ

До установки цилиндров на место отсоединяют крышки, отворачивают штуцера для подачи смазки, вынимают фонари и клапаны. Во избежание загрязнения клапанные отверстия закрывают крышками, а гнезда под шту-

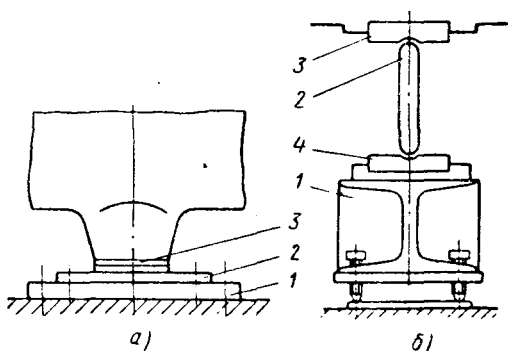


Рис. 47. Скользящая (а) и качающаяся (б) опоры цилиндров:

1 — фундаментная стойка; 2 — опорная пластина; 3 — установочная плита; 4 — опорная плита

церы — деревянными пробками. Проверяют поверхности зеркала цилиндров, привалочных торцов и центрирующих поверхностей, предварительно очищенных от консервирующей смазки. Удаляют забоины, риски и следы коррозии. Резьбу шпилек очищают от загрязнений, смазывают маслом с графитом и прогоняют по гайке. При наличии на цилиндре охлаждающей рубашки ее гидравлически испытывают на давление, указанное в чертеже, или на избыточное давление 2 кгс/см<sup>2</sup> в течение 10 мин. Места течи чеканят, запаивают медным припоем или подваривают электросваркой. Проверяют прилегание к зеркалу цилиндра всех поршневых колец и величину теплового зазора в их замках (см. с. 112).

**Установка опор цилиндров.** Для компенсации температурного удлинения рядов цилиндров при нагревании их устанавливают на скользящие и качающиеся опоры (рис. 47). Для проверки прилегания к скользящим опорам (рис. 47, а) фундаментных стоек 1 их устанавливают на деревянных брусках так, чтобы опора была направлена вверх. Плотность прилегания опорной пластины 2 к установочной плите 3 проверяют по краске. На каждом ква-

драте  $25 \times 25$  мм должно быть не менее шести пятен касания. Предварительно плотность прилегания можно проверить по периметру щупом 0,05 мм, который не должен проходить встык между опорной пластиной 2 и установочной плитой 3. В качающихся опорах (рис. 47, б) опорная пластина 2 должна равномерно по всей длине примыкать к пазам установочных 3 и опорных 4 плит, не пропуская щуп 0,05 мм. Установочные плиты плотно закрепляют в пазах цилиндров.

Монтаж начинают с установки фундаментной стойки 1, на которой крепят опорные плиты скользящих и качающихся опор цилиндров. Стойку устанавливают на клиновые подкладки или регулировочные болты, которые упираются в пластины, уложенные на фундамент. Цилиндр строят так, чтобы при подъеме он находился в горизонтальном положении и его шпильки можно было свободно без повреждения резьбы завести в отверстия на фланце фонаря. При этом свободный конец цилиндра временно опирают на домкрат, одновременно на шпильки навертывают гайки и равномерно подтягивают их по окружности.

Горизонтальность цилиндра проверяют по уровню, установленному на его зеркало. Положение уровня фиксируют по пузырьку поперечной ампулы. Горизонтальности цилиндра и направляющей крейцкопфа должны иметь равные и однозначные отклонения. Однако практически это не всегда достижимо, особенно при нескольких цилиндрах в ряду. Допускается уклон цилиндра по отношению к фактическому положению направляющей крейцкопфа не более чем 0,1 мм на 1 м. Показания снимают при полностью затянутых гайках.

После проверки горизонтальности цилиндра устанавливают на место постоянную опору и удаляют домкрат, поддерживавший цилиндр. В скользящей опоре (рис. 47, а) фундаментную стойку 1 подводят и прижимают к установочной плите цилиндра с помощью клиновых пар, установленных между стойкой и фундаментом. Встык между опорой и плитой не должен проходить щуп 0,05 мм. Иногда скользящие опоры имеют телескопическое устройство, позволяющие регулировать контакты ее с цилиндром.

В качающейся опоре (рис. 47, б) пластину 2 закрепляют между опорной 4 и установочной 3 плитами, поднимая фундаментную стойку 1 с помощью клиновых пар

или регулировочных болтов. Пластина 2 должна быть зажата строго вертикально, что проверяется приложенным к ней рамным уровнем. Допускается уклон в сторону рамы до 0,5 мм на 1 м длины в связи с температурным удлинением неподвижных частей компрессора при работе. В возможный зазор между пластинами и плитами не должен проходить щуп 0,05 мм. После установки постоянных опор еще раз подтягивают гайки, крепящие цилиндр, и проверяют уровнем горизонтальность цилиндра.

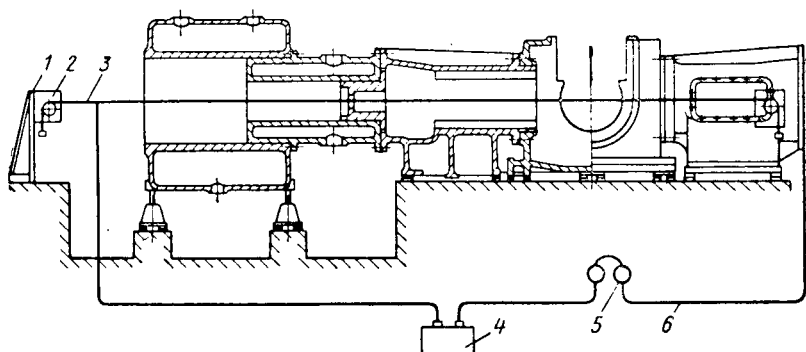


Рис. 48. Схема установки струны для центровки цилиндров оппозитного компрессора:

1 — стойка; 2 — центратор; 3 — струна; 4 — батарея; 5 — наушник; 6 — провод

**Центровка цилиндров.** Следующей операцией является проверка соосности цилиндров и направляющих крейцкопфов. Это необходимо, так как у горизонтально установленных цилиндров оси могут быть смещены в горизонтальной или вертикальной плоскостях или могут иметь изломы относительно оси направляющих крейцкопфа. Проверку ведут с помощью струн. В оппозитных компрессорах центровочные приспособления устанавливают на определенном расстоянии со стороны цилиндра на стойке и с другой стороны — непосредственно на направляющей крейцкопфа в противоположном ряду (рис. 48). В горизонтальных компрессорах с односторонним расположением цилиндров струны натягивают на центровочных приспособлениях, закрепленных на стойках или кронштейнах, которые также устанавливают на определенном расстоянии от рамы. Эти расстояния приведены на диаграмме провисания струны, прилагаемой к паспорту, или в инструкции к данному компрессору.

На крупных компрессорах иногда применялась центровка цилиндров и направляющих оптическим способом. Положение центров в сечениях с каждой стороны цилиндра и направляющей определяется по пересечению визирных проволочек. Совпадение осевой линии с центрами в четырех точках проверяется и корректируется нивелиром. Ввиду сложности способ не получил распространения.

При центровке по струне в связи с тем, что расстояние между точками подвеса струны значительное, нельзя не учитывать ее провисание. Замеры производят в определенных точках, которые показаны на диаграмме (рис. 49), прилагаемой к паспорту каждого компрессора. Для этих точек по всему ряду цилиндров указаны величины провисания струны, расстояния точек замера от точек подвеса струн, а также расстояния между точками подвеса и их расположение относительно корпуса компрессора. Такую же диаграмму можно построить, руководствуясь данными табл. 2, в которой даны величины провисания струны в зависимости от общей длины струны и расстояния от точки ее подвеса (от оси ролика центратора) до точки замера. Табл. 2 построена с учетом того, что для различных диаметров проволоки струны провисание ее в данной точке будет одинаковым, если к концам струны подвешивать грузы точно определенного веса (см. с. 54).

Центрирование цилиндров по струне проводят следующим образом. После установки, выверки и закрепления первого в ряду цилиндра и его постоянной опоры натянутую струну расцентровывают по направляющим крейкофа рамы. Если постоянная опора находится под промежуточным фонарем, то последний устанавливают и проверяют одновременно с цилиндром. Расцентровку проводят в двух сечениях по местам расположения центровочных приливов («банок»). Измерения проводят с помощью штихмаса электроакустическим способом. Сначала струну устанавливают по оси направляющих в горизонтальной плоскости. Расстояния от банок до струны, измеренные по обе стороны от нее по диаметру, в каждом сечении должны быть равны. Допускаемое отклонение  $\pm 0,01$  мм, причем это отклонение должно располагаться по одну сторону от струны в обоих сечениях.

При установке струны в вертикальной плоскости положение ее в крайнем сечении  $I-I$  направляющих (см. рис. 49) принимают за исходное — нулевое для удобства дальнейших замеров. При этом расстояния от струны

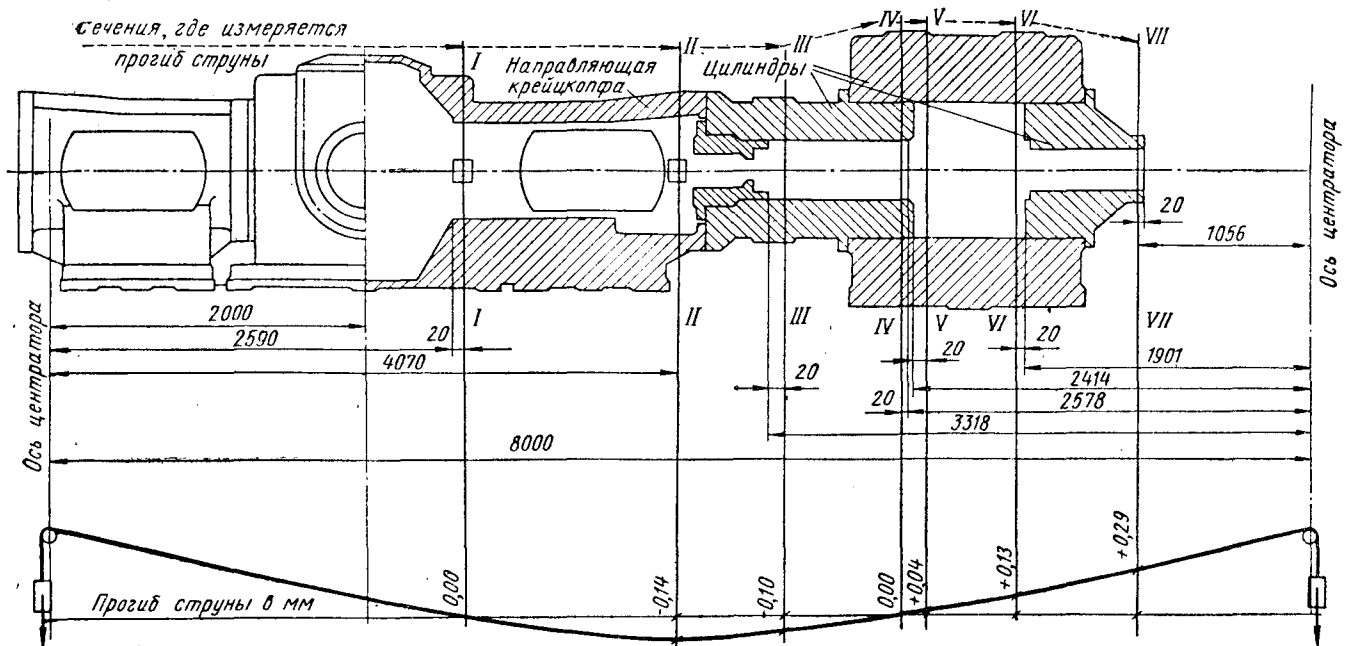


Рис. 49. Диаграмма провисания струны при центровке цилиндров оппозитного компрессора



## Провисание струн в мкм при центровке

Длина струны в м	Расстояние в м от точки замера до точки подвеса струны														
	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8
4	65	90	100	—											
5	125	180	220	240	—										
6	180	260	300	390	400	—									
7	220	310	390	460	520	550	—								
8	250	360	450	540	620	680	700	—							
9	280	400	500	600	700	770	830	860	—						
10	300	420	540	650	770	860	980	1000	—						
11	330	460	590	710	830	940	1030	1090	1140	1160	—				
12	355	500	640	760	900	1020	1120	1200	1270	1290	1320	—			
13	380	540	690	820	960	1090	1190	1290	1360	1420	1450	1460	—		
14	410	580	740	900	1050	1170	1280	1370	1450	1520	1570	1600	1610	—	
15	440	630	800	950	1100	1240	1350	1440	1530	1600	1650	1700	1740	1760	—
16	480	670	860	1000	1150	1300	1400	1500	1590	1670	1740	1800	1850	1890	1900

до верхней и нижней направляющих должны быть равны (допускаемое отклонение  $\pm 0,01$  мм). В сечении *II—II* направляющей крейцкофа струну ставят с учетом провисания, заданного для этой точки (0,14 мм). Расстояние от струны до верхней направляющей должно быть больше расстояния от струны до нижней на удвоенную величину провисания (с допуском  $\pm 0,01$  мм). Струну устанавливают на заданные расстояния в обоих сечениях направляющих

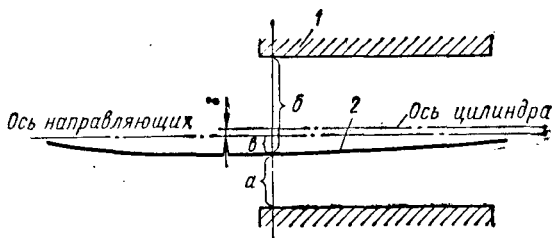


Рис. 50. Схема смещения оси цилиндра по вертикали:

1 — цилиндр; 2 — струна

одновременно, так как перемещение струны по показаниям только одного сечения вызывает нарушение ее установки в другом сечении. После расцентровки струны по направляющим проверяют расположение относительно нее первого цилиндра.

**Определение излома и смещения осей.** По диаграмме намечают сечения *III—III*; *IV—IV* и последующие (см. рис. 49), в которых будут сделаны замеры. Сначала в каждом сечении проверяют положение оси цилиндра относительно струны в горизонтальной плоскости. Смещение оси в горизонтальной плоскости подсчитывают как полуразность расстояний (замеренных штихмасом) от зеркала цилиндра до струны.

Смещение осей в вертикальной плоскости (рис. 50) измеряют с учетом провисания струны. К расстоянию *а* от нижней точки зеркала цилиндра 1 до струны 2 прибавляют величину ее провисания *в*, а из расстояния *б* от верхней точки зеркала до струны вычитают эту же величину *в*. Полуразность полученных значений дает величину смещения *г* осей в данном сечении. При совпадении оси цилиндра с осью струны расстояния *а* и *б* в обоих сечениях будут равны (рис. 51, *а*). Если разности

расстояний в каждом сечении равны и однозначны, то ось цилиндра смещается параллельно оси струны (рис. 51, б). Отклонение размера только в одном сечении свидетельствует об изломе осей (рис. 51, в). Различные отклонения в обоих сечениях указывают на излом и

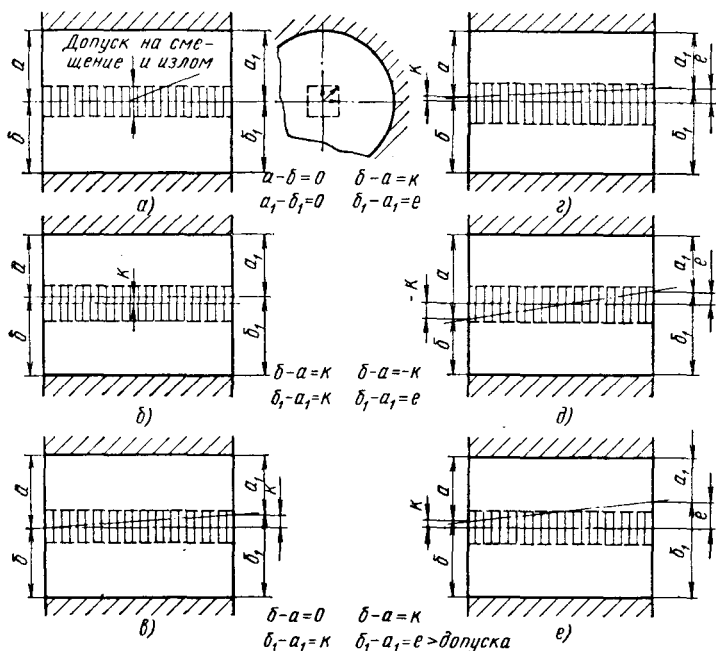


Рис. 51. Схема относительного расположения осей цилиндра и направляющих:

а — совмещенное; б — со смещением осей; в — с изломом; г — со смещением и изломом, допустимое; д — со смещением и изломом, не допустимое из-за перекоса осей; е — со смещением и изломом, не допустимое, выходящее за пределы допуска

смещение оси цилиндра (рис. 51, г). Во всех случаях смещение и излом оси цилиндров должны располагаться по одну сторону оси направляющих. Пересечение этих осей в пределах данного центрируемого цилиндра (рис. 51, д) не допускается, т. е. в обоих сечениях по концам рабочей поверхности цилиндра ось его должна располагаться по одну сторону от оси направляющих. Не разрешаются смещение и излом осей, выходящие за пределы допуска (рис. 51, е).

По полученным величинам смещений в вертикальной и горизонтальной плоскости подсчитывают абсолютную величину смещения оси цилиндра относительно осей направляющих. Эта величина равна гипотенузе прямоугольного треугольника, катетами которого являются смещения в горизонтальной и вертикальной плоскости.

Допуск на смещение осей (в мм) и излом осей (в мм на 1 м) цилиндров и направляющих в многоступенчатых оппозитных компрессорах для цилиндров первой и второй ступеней — 0,15, третьей ступени — 0,1, четвертой и пятой ступеней — 0,05. В одноступенчатых оппозитных компрессорах допуск на смещение осей 0,15—0,3 мм, а на излом 0,2—0,3 мм на 1 м или 0,02—0,03 мм на 100 мм длины зеркала цилиндра. В горизонтальных компрессорах с односторонним расположением цилиндров для цилиндра, примыкающего к раме, допуск на смещение и излом осей 0,2 и для следующих цилиндров 0,3 мм. Иногда рекомендуют допуски раздельно: для пересечения осей (излома) в обеих плоскостях и параллельного смещения осей в горизонтальной плоскости 0,3 мм, а в вертикальной плоскости до 50% от зазора между поршнем и зеркалом цилиндра.

Центровку цилиндров в оппозитных компрессорах обычно проводят одновременно с проверкой совмещения оси цилиндра с серединой шатунной шейки коленчатого вала и с проверкой «угла вала». Измеряют расстояние от щек кривошипа у галтели до струны в переднем и заднем его положениях. В каждом из этих положений расстояния от щек до струны должны быть равны (допускаемое отклонение 0,1 мм на 1 м длины). При большем отклонении необходимо расцентрировать струну в обоих положениях кривошипа вала так, чтобы уложиться в величину допуска, а затем заново отцентрировать по струне направляющую крейцкопфа, фонарь и цилиндры (см. рис. 34, а).

Проводя измерения, необходимо следить за правильностью установки штихмаса относительно струны и обработанных поверхностей направляющих и цилиндров. Место установки штихмаса отмечают мелом. При правильном замере звук контакта в наушниках исчезает, если длину штихмаса уменьшить на 0,01 мм. Касание должно быть легким, чтобы струна не сдвинулась. Смещение рабочей поверхности промежуточного фонаря проверяют только в вертикальной плоскости.

По окончании проверки положения цилиндра, примыкающего к направляющей рамы, а в многоступенчатых компрессорах и промежуточного фонаря, следующего за этим цилиндром, устанавливают на место очередной по ряду цилиндр. На период установки струну временно снимают. Проверку горизонтальности вновь установленного цилиндра и его соосности с направляющими крейцкопфа по струне проводят, как описано выше.

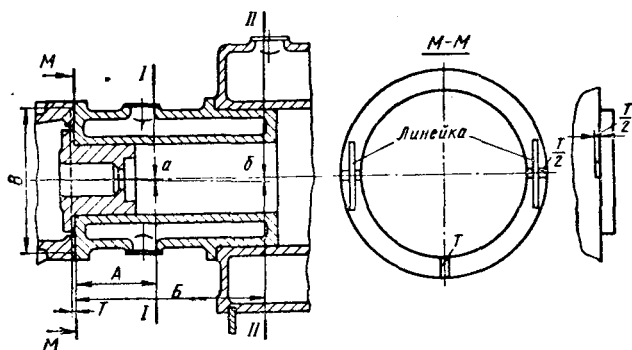


Рис. 52. Схема проведения опиловки торца цилиндра для устранения излома осей

**Устранение смещения и излома осей.** Все нарушения соосности, выходящие за пределы допусков, исправляют опилением и пришабриванием привалочных поверхностей. Излом осей устраняют, снимая слой металла клинообразного сечения.

Смещение оси цилиндра устраняют опилением центрирующего бурта. Снимают слой металла по полуокружности бурта, наибольший в направлении смещения, с постепенным уменьшением толщины слоя к диаметру, перпендикулярному направлению смещения. Наибольшая толщина снимаемого слоя равна величине смещения осей.

Если встречаются смещение и перекос одновременно, то сначала устраняют смещение опилением центрирующего бурта, а затем — перекос опилением привалочных поверхностей. Наибольшая толщина (в мм) слоя, подлежащего опилованию на привалочной поверхности (рис. 52):

$$T = B \frac{b - a}{B - A},$$

где  $B$  — средний диаметр привалочной поверхности кольца;  $a$  и  $b$  — смещения цилиндров в сечении, примыкающем ( $I—I$ ) и противоположном ( $II—II$ ) привалочной поверхности;  $A$  и  $B$  — расстояния от привалочной поверхности до сечений  $I—I$  и  $II—II$ .

Опиливание производят следующим образом. На привалочной поверхности там, где необходимо снять наибольший слой металла, пропиливают на ширину напильника контрольную канавку глубиной  $T$  мм, а на среднем диаметре, перпендикулярном контрольной канавке, — еще две канавки на глубину  $\frac{T}{2}$  мм. Для замера глубины пропиливаемой канавки используют щуп, которым проверяют просвет между дном канавки и линейкой, установленной на бурт цилиндра.

Опиливание привалочной поверхности выполняют постепенным снятием слоев металла между канавками и той частью бурта, где толщина опиляемого слоя достигает нулевого значения. За один проход новым напильником снимают слой металла 0,005 мм. Окончательную доводку опиленной поверхности проводят шабровкой на краску по контрольному чугунному кольцу, которое вытачивают по размеру бурта цилиндра и пригоняют по контрольной плите. После пришабровки контрольное кольцо должно прилегать к исправленной привалочной поверхности цилиндра, давая не менее восьми пятен на квадрате  $25 \times 25$  мм.

Точнее, но с большими затратами времени положение привалочной поверхности можно исправить, руководствуясь замерами по свинцовым оттискам. Для этого поверхность бурта делят на восемь равных частей по окружности. Цилиндр устанавливают на шпильки и в зазор между привалочными поверхностями цилиндра и рамы в местах разметки закладывают свинцовые пластинки толщиной 8—10 мм, длиной 100—120 мм.

Гайки цилиндров подтягивают так, чтобы сжать оттиски на 4—5 мм. Неравномерно затягивая гайки, правильно расцентровывают цилиндр по струне. До снятия цилиндра оттиски маркируют по положению их на бурте. После снятия толщину оттисков измеряют микрометром. Толщину слоя, которую необходимо снять, определяют, вычитая из всех полученных замеров наименьший, характеризующий нулевое значение слоя. По этим данным, пользуясь маркировкой оттисков, в семи отмеченных

местах пропиливают контрольные канавки. Последующую опиловку и пригонку проводят, как указано выше.

При наличии соответствующего оборудования привалочную поверхность можно исправить также механической обработкой. Для снятия больших слоев металла применяют переносные шлифовальные машинки. После исправления привалочной поверхности цилиндра вновь проверяют правильность положения его зеркала по струне, окончательные данные замеров по горизонтальности и соосности заносят в монтажный формуляр. После проверки положение цилиндра относительно направляющих крейцкопфа и фонаря фиксируют контрольными штифтами. В случае исправления привалочной поверхности контрольные штифты ставят во вновь рассверленные отверстия. В заключение проверяют положение скользящей или качающихся опор, прилегание которых могло быть нарушено, и производят подливку бетоном фундаментной стойки.

## **МОНТАЖ ШАТУННО-ПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ**

Монтаж шатунно-поршневой группы включает установку в цилиндры поршней в сборе с кольцами, штоком и сальниковыми уплотнениями, установку в направляющие и промежуточные фонари крейцкопфов и ползунов, соединение их со штоком, соединение шатунов с валом. Для обеспечения нормальной работы механизма движения компрессора без стука и нагрева необходимы тщательная пригонка трущихся деталей и регулировка монтажных зазоров.

**Установка поршней.** Раздельно поступающие с завода поршни, штоки и поршневые кольца собирают на монтажной площадке. Порядок сборки одинаков для всех типов поршней — подвесных и скользящих, дисковых и дифференциальных, отличие — только в порядке строповки и заводки их в цилиндры. Для удобства сборки штоки укладывают на невысокие деревянные козлы. Конусные посадочные места штока и поршня шлифуют или притирают для снятия шероховатости, оставшейся на поверхности после обработки резцом. Смятие гребешков в начале работы компрессора может ослабить посадку поршня и вызвать появление стука. Поршень своим торцом не должен доходить до конца конуса штока на 1,5—2,0 мм, что необходимо для натяга.

Цилиндрические посадочные места поршня и штока до их соединения зачищают от заусенцев. Поршень можно насадить на шток несколькими способами: затяжкой гайки, которая крепит поршень на штоке, напрессовкой специальными приспособлениями, легкими ударами (через прокладки) по поршню или штоку. Предварительно гайкой прогоняют резьбовую часть штока, смазанную смесью масла и графита.

При цилиндрической посадке поршень должен плотно примыкать к упорному бурту, а при конической — плотно насаживаться на коническую часть штока. Гайку стопорят штифтом или стопорной шайбой. Перед стопорением гайка должна быть затянута.

В скользящих поршнях проверяют также состояние баббитовой наплавки в нижней части поршня и отсутствие задиrow.

Поршневые кольца до установки на поршень проверяют на прилегание к зеркалу цилиндра. Каждое кольцо вставляют в цилиндр и щупом выявляют зазоры.

Между соприкасающимися рабочими поверхностями кольца и цилиндра на дуге  $45^\circ$  должно быть не более двух зазоров по окружности и расстояние по дуге между зазором и замком не должно быть меньше  $30^\circ$ . Более полное

Т а б л и ц а 3

Монтажные зазоры поршневых колец

Наружный диаметр кольца в мм	Зазоры в мм			Наружный диаметр кольца в мм	Зазоры в мм		
	радиальный	тепловой	по высоте канавки $a$		радиальный	тепловой	по высоте канавки $a$
100	0,03	0,3—0,5	0,1	500	0,07	1,5—2,0	0,1
120		0,4—0,6		550		1,6—2,1	
150		0,4—0,7		600		1,8—2,3	
170		0,5—0,8		750		2,2—2,7	
200		0,6—0,9		800		2,3—2,8	
240	0,7—1,1	850		2,5—3,0		0,2	
280	0,8—1,2	900		2,6—3,1			
300	0,9—1,3	1000		2,9—3,4			
350	1,0—1,4	1100		3,2—4,2			
380	1,1—1,5	1200		3,5—3,9			
400	1,2—1,6	1300	3,8—4,5	0,25			
450	1,3—1,7	1400	4,0—4,7				
470	0,07	1,4—1,8	1500		4,2—5,0		



прилегание кольца к зеркалу достигается припиловкой наружной поверхности кольца в местах касания. Одновременно проверяют тепловой зазор в замке-стыке колец. Величины зазоров радиальных (между зеркалом цилиндра и кольцом), тепловых (в стыке колец), а также зазоров по высоте канавки приведены в табл. 3.

Для увеличения теплового зазора опиливают скосы стыков, для уменьшения — напаяют медью один из стыков. При монтаже придерживаются наименьших зазоров в стыке, так как они увеличиваются по мере износа колец.

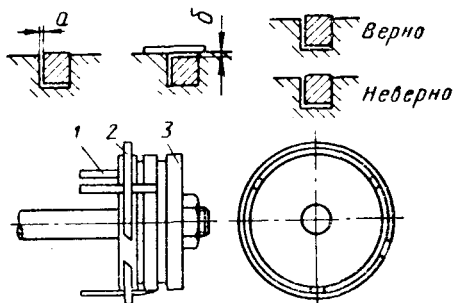


Рис. 53. Схема установки поршневых колец:

1 — направляющие планки;  
2 — поршневое кольцо; 3 — поршень

Внутренние кромки колец скругляют для более плотного прилегания к дну канавки при недостаточно тщательной подрезке ее углов.

Кольца в канавки заводят (рис. 53), передвигая их равномерно по окружности по трем направляющим планкам 1, заложенным между кольцом 2 и образующей поршня 3. Кольцо при сведенных стыках должно утопать в канавке. Ниже приведены зазоры б в мм между линейкой, приложенной к образующей поршня, и утопленным кольцом при различных диаметрах (в мм) поршня:

Диаметр поршня	100—150	150—200	200—300	300—400	400—600
Зазор . . . . .	0,45—0,6	0,6—0,85	0,85—1,2	1,2—1,5	1,5—1,8

Зазор по высоте между кольцом и боковой стенкой канавки должен обеспечивать легкое, но без люфта, перемещение кольца и в то же время не превышать значений, указанных в табл. 3, во избежание пропусков газа при работе. Величину зазора проверяют щупом по всей окружности кольца, заведенного в канавку поршня. При малом зазоре кольцо дополнительно шлифуют по высоте и иногда пришабривают с проверкой на плите по краске, при чрезмерном зазоре кольцо заменяют. Коробление колец про-

веряют по плите и пригоняют шабровкой, так как правка их не допускается. Замки соседних колец должны быть смещены примерно на  $30^\circ$  и иметь разное направление скосов.

Аналогичные операции выполняют и при установке поршневых колец из текстолита или материалов на фторопластовой основе, которые применяют иногда для скользящих поршней с целью уменьшения износа цилиндров и самих колец.

Текстолитовые кольца устанавливают после проведения обкатки компрессора с поршневыми кольцами из чугуна. При этом достигается хорошая приработка поверхности цилиндра, хотя чугунные кольца из-за значительного истирания приходится заменять. Текстолитовые кольца пригоняют по зеркалу цилиндра и по канавкам поршня с соблюдением указанных величин монтажных зазоров. Фторопластовые кольца из-за их недостаточной упругости устанавливают в поршневые канавки на предварительно заведенные пластинчатые пружины (эспандеры), обеспечивающие достаточный прижим кольца к зеркалу цилиндра. В машинах, бывших в эксплуатации, используют старые чугунные поршневые кольца, которые протачивают по толщине на половину и сверху прикрепляют 6—8 алюминиевыми заклепками с потайной головкой фторопластовые кольца. В поршнях цилиндров 5—6-й ступеней фторопластовые кольца ставят без пружин.

Скользящие и подвесные поршни стропят двойной петлей стропа 2, охватывающей поршень 3 с обеих сторон за шток (рис. 54, а), дифференциальные поршни стропят за поршень одной из ступеней (рис. 54, б). Для установки в цилиндр дифференциальных поршней целесообразно пользоваться специальной траверсой 5. При использовании такой траверсы можно заводить поршни в цилиндры без перестроповки, что позволяет экономить время при монтаже и последующих ревизиях и ремонтах.

Поршень в сборе со штоком устанавливают перед отверстием цилиндра 1 на выкладке 4 из деревянных брусьев, покрытых для создания скольжения тонким стальным листом.

Зеркало цилиндра и образующая поршня должны находиться на одном уровне. Поверхность зеркала цилиндра смазывают цилиндрическим маслом. Поршень подвешивают с помощью стропа, охватывающего поршень с обеих сторон до подхода к цилиндру. Когда поршень

входит в цилиндр, строп переводят на противоположный конец штока. Поршень заводят в цилиндр, подтягивая его с помощью каната, подвязанного за конец штока и пропущенного через направляющую рамы. Для удобства заводки в цилиндр поршневых колец ставят сжимающий их направляющий конусный манжет из листа толщиной 0,5 мм. Туго сжимаемые кольца стягивают в канавке поршня петлей из мягкой проволоки.

После установки поршня в цилиндр шток соединяют с крейцкопфом при помощи полумуфт (см. с. 119) или фланца и регулировочных винтов.

До окончательного соединения полумуфт штока с крейцкопфом в его выточку, в которую упирается конец штока, закладывают дистанционную шайбу или набор таких шайб, которыми регулируются линейные зазоры мертвых пространств цилиндров. Толщину шайбы подбирают на заводе при контрольной сборке. Однако на необкатанных машинах ее приходится уточнять по ходу монтажа. На шток устанавливают уровень, который должен показать изменение его горизонтальности до и после соединения с крейцкопфом. При изменении показаний уровня или возникновении при соединении с крейцкопфом одностороннего зазора между башмаком крейцкопфа и направляющими опускают или поднимают ось крейцкопфа. Положения оси регулируют изменением толщины набора прокладок между нижним башмаком и корпусом крейцкопфа.

При фланцевом соединении штока с крейцкопфом, принятом в оппозитных компрессорах, положение оси штока

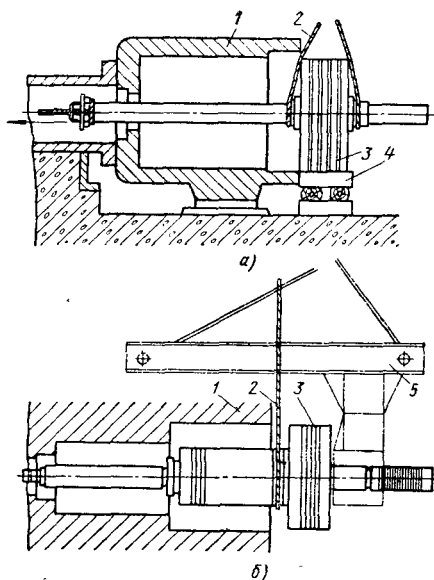


Рис. 54. Схема строповки и заводки в цилиндр подвесного (а) и дифференциального (б) поршней:

1 — цилиндр; 2 — строп; 3 — поршень со штоком; 4 — выкладка из шпал; 5 — траверса

регулируется четырьмя винтами, ввернутыми в корпус. Перемещая с их помощью шток, можно свести его биение на длине хода поршня к величине, не превышающей 0,05 мм (с проверкой индикатором). Регулировочные винты закрепляются контргайками.

Скользящий поршень ставят так, чтобы баббитовая заливка была расположена симметрично относительно вертикального диаметра цилиндра. Одновременно проверяют прилегание баббитовой заливки поршня к зеркалу цилиндра. Проверку проводят по всей длине хода поршня, т. е. в переднем и заднем его положениях. Щуп 0,05 мм

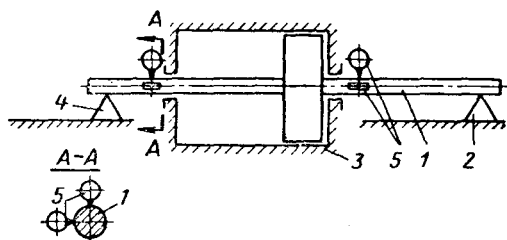


Рис. 55. Схема проверки прямолинейности штока индикаторами:

1 — шток с поршнем; 2 — концевой ползун; 3 — цилиндр; 4 — крайцкопф; 5 — индикаторы

не должен проходить в возможные зазоры между рабочими поверхностями. В небольших поршнях, где невозможно применить щуп, прилегание баббитовой заливки поршня к зеркалу цилиндра проверяют по краске. При необходимости баббит пришабровывают.

Величину радиальных зазоров между поршнем и зеркалом цилиндра в крайних положениях проверяют щупом. В подвесных поршнях нижний зазор должен быть на 0,5 мм больше верхнего для компенсации износа баббита башмаков крайцкопфов. В скользящих поршнях разница нижнего и верхнего радиальных зазоров должна составлять 0,6—0,8 мм. Разница боковых зазоров не должна превышать в обоих случаях 0,2 мм. Щуп для проверки заводят в цилиндр через клапанные окна.

В заключение проверяют горизонтальность хода штока и прямолинейность его при перемещении вместе с крайцкопфом и поршнем на величину хода поршня (рис. 55). Проверку проводят в вертикальной и горизонтальной плоскостях с помощью двух индикаторов, которые ставят со стороны направляющей, причем стержень одного индикатора упирается в боковую, а стержень другого — в верхнюю (или нижнюю) образующие штока. Допускаемое отклонение для скользящих поршней в обеих плоско-

стях — 0,2 мм на 1 м хода поршня, для подвесных поршней в горизонтальной плоскости — 0,2 мм на 1 м хода поршня. Допускаемые отклонения в вертикальной плоскости для подвесных поршней указаны в паспорте. Положение осей крейцкопфа и ползунов регулируют изменением толщин наборов прокладок у нижних башмаков. По окончании всех проверок контролируют затяжку соединения штока с крейцкопфом.

Установка сальниковых уплотнений может предшествовать затяжке муфты или проводиться как заключительная операция при монтаже шатунно-поршневой группы. Нажимной фланец сальника следует установить при установке поршня в цилиндр, когда шток пройдет отверстие для сальников. Этим фланцем пользуются и при проверке правильности соединения штока с крейцкопфом и ползуном. Измеряют щупом радиальные зазоры между нажимным фланцем сальника и штоком в крайних положениях поршня. Разница между зазорами по горизонтали не должна превышать 0,05 мм, а верхний зазор должен быть меньше нижнего на 50%, так как по мере износа баббита башмаков крейцкопфа и ползуна эти зазоры выравниваются.

В дифференциальных поршнях компрессоров высокого давления поршень концевого цилиндра шарнирно соединен со сферической опорой, допускающей его самоустановку. В таких поршнях проверяют по краске прилегание сферических поверхностей, а также наличие в собранном шарнирном соединении зазора 0,03—0,05 мм, обеспечивающего самоустанавливаемость.

В компрессорах, имеющих цилиндры со скользящим поршнем, заключительной операцией является установка задней крышки. Последнюю с надетой уплотнительной прокладкой размещают перед цилиндром на выкладке из шпал и устанавливают на место с помощью крана. В компрессорах с подвешенными поршнями заднюю крышку, а затем фонарь промежуточного или кронштейн концевого ползуна устанавливают до выверки соединения штока с крейцкопфом и ползуном.

Крышки неконцевых цилиндров в рядах с двумя (или более) ступенями подаются для установки через боковые отверстия фонарей по временным направляющим из труб. В вертикальное положение крышку переводят винтовым домкратом, а положение ее по высоте для посадки на место регулируют с помощью двух отжимных болтов

в приспособлении, которое подводят под посадочный выступ.

В вертикальных и угловых компрессорах монтаж поршневой группы проводят аналогично. В отличие от горизонтальных компрессоров радиальные зазоры между поршнем и зеркалом цилиндра, измеренные в четырех диаметрально противоположных точках в нижнем и верхнем положениях поршня, должны быть равны. Также должны быть равны зазоры между штоком и нажимным фланцем сальника, измеренные в двух плоскостях. Величины зазоров даны в паспорте компрессора.

**Монтаж крейцкопфа** предусматривает пригонку и правильную установку крейцкопфа в сборе в направляющие, центровку оси корпуса относительно оси цилиндра, пригонку крейцкопфного пальца, а также полумуфт, соединяющих крейцкопф со штоком поршня.

Крейцкопф поступает на монтаж в собранном виде. При ревизии проверяют плотность прилегания баббитовой заливки башмаков. Вместо баббитовой заливки получают распространение башмаки, покрытые слоем капрона или выполненные целиком из термически обработанного алюминиевого сплава. Прилегание верхнего и нижнего башмаков к направляющей проверяют щупом 0,05 мм. Верхний башмак проверяют также по нижней направляющей, поворачивая корпус крейцкопфа на 180°. При необходимости пригонки башмаков по краске или натиром всухую число пятен в квадрате 25×25 мм должно составлять для нижнего башмака не менее шести, для верхнего — не менее четырех.

Одновременно с пригонкой проверяют высоту *a* и длину *b* клиновых скосов (рис. 56) и состояние масляных холодильников на ходовой поверхности башмаков. При наличии острой кромки с направляющей будет сниматься масляная пленка, что может вызвать полусухое трение и связанные с ним нагрев и задиры. Маслоподводящие канавки постоянного сечения по всей длине не должны доходить до краев баббитовой заливки, чтобы не пропускать смазку.

Затем проверяют прилегание пальцев крейцкопфа к поверхности конусных гнезд его корпуса. Проверку производят по стиранию пальцем крейцкопфа карандашных штрихов, которые наносят на досуха протертые конусные поверхности гнезда. Штрихи наносят на расстоянии 10—15 мм один от другого. Палец поворачивают в гнезде на

половину оборота в обе стороны 2—3 раза. При наличии нестертых штрихов проводят притирку конусов пальца и гнезда стеклянным порошком с маслом или притирочными пастами, а затем — в паре всухую. После пригонки башмаков и пальцев продувают воздухом маслопроводящие отверстия в них, а также в корпусе крейцкопфа и нажимном фланце, стопорящем палец. После продувки отверстие в пальце закрывают деревянной пробкой.

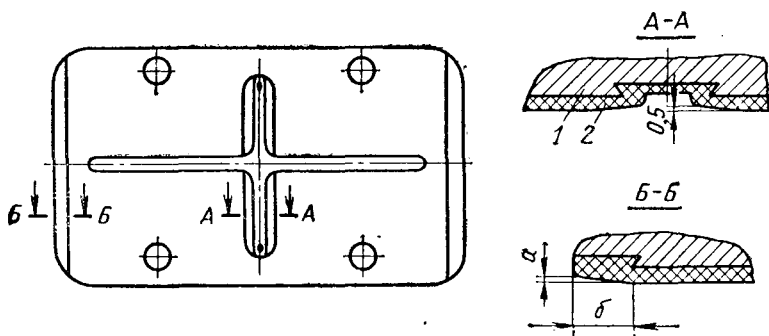


Рис. 56. Скосы и холодильники на башмаках, крейцкопфов:

1 — башмак; 2 — баббитовая заливка

При соединении башмаков с корпусом крейцкопфа между ними устанавливают наборы прокладок, толщина которых первоначально определяется при заводской контрольной сборке и указывается в паспорте компрессора. Если таких указаний нет, то толщины наборов подбирают равными под нижним и верхним башмаком с учетом прохода крейцкопфа в сборе в направляющие. Уточняют толщину наборов при соединении крейцкопфа со штоком и регулировке верхнего зазора. Башмаки крепят к корпусу крейцкопфа двумя-четырьмя винтами. Крейцкопф в сборе устанавливают в направляющие со стороны рамы, а в некоторых конструкциях — через окна направляющих с последующим поворотом на  $90^\circ$ . В первом случае крейцкопф после подачи и заводки его на стропе крана в направляющие продвигается далее с помощью каната.

Шток и крейцкопф удобнее соединять, когда он находится на середине направляющих. По совмещению конца штока и отверстия под него в корпусе регулируют набор прокладок между нижним башмаком и корпусом (см. с. 115). На конец штока навинчивают фасонную

гайку, которая предназначена для упора полумуфты, соединяющей шток с корпусом. Полумуфты должны плотно прилегать к торцам буртов корпуса крейцкопфа и гайки штока. Неплотное прилегание вызывает перекося в соединении и может вызвать изгиб и поломку штока. Прилегание проверяют по краске, для чего соединенную муфту расклинивают поворотом гайки штока. После разборки муфты частичные натиры устраняют пришабриванием, добиваясь плотного прилегания каждой полумуфты к буртам всей плоскостью без перекося. Когда шток соединяется с крейцкопфом двумя гайками, навёрнутыми на конец штока с внутренней и наружной стороны корпуса, торцы гаек проверяют и подгоняют к гнездам по краске. Для радиального смещения штока ослабляют наружную гайку.

В крейцкопфах с регулировочными винтами конец штока в отверстии корпуса можно смещать с их помощью в радиальном направлении так, чтобы ось штока заняла горизонтальное положение, не прибегая к дополнительной шабровке башмаков по направляющим или к уменьшению толщины набора прокладок между ними. Горизонтальность проверяют уровнем в крайних положениях поршня, биение — индикатором (допуск 0,05 мм).

Для подвешенных поршней все операции соединения штока с крейцкопфом, а также их взаимной центровки совмещают с установкой ползуна. Подготовка к монтажу башмаков ползуна аналогична подготовке к монтажу башмаков крейцкопфа. Проверяют центровку заднего конца штока относительно отверстия в ползуне. Если их оси смещены, то приходится дополнительно уточнять положение на шпильках промежуточного или концевого фанаря в пределах фактических зазоров, а также изменять толщину набора прокладок у нижнего башмака.

В заключение регулируют зазоры между верхним башмаком и его направляющей в крайних положениях крейцкопфа. Зазор проверяют щупом по всему периметру башмака. Величина зазора должна находиться в пределах 0,25—0,4 мм для крейцкопфов диаметром 300—500 мм, в пределах 0,4—0,7 мм для крейцкопфов диаметром 500—800 мм. Зазор регулируют изменением толщины набора прокладок между верхним башмаком и корпусом крейцкопфа.

Для выравнивания неравномерного зазора приходится шабрить поверхность верхнего башмака. Проверку верх-



него зазора проводят 2 раза — до и после соединения крейцкопфа со штоком. Если при нормально отрегулированном зазоре между верхним башмаком крейцкопфа и направляющей необходимо сместить вверх горизонтальную ось крейцкопфа, вынимают из-под верхнего башмака соответствующую прокладку и ставят под нижний башмак. При смещении вниз поступают наоборот.

В вертикальных и угловых компрессорах, поступающих в сборе, в крейцкопфе проверяют только зазор между направляющей рамы и башмаками. Величина зазора должна соответствовать паспортной и обычно составляет 0,1—0,25 мм. В компрессорах, собираемых на площадке, после обычной пригонки башмаков к направляющим и пальца к гнезду крейцкопф устанавливают в направляющие. Проверяют щупом зазор между башмаком (по его периметру) и направляющим; этот зазор должен составлять 0,1—0,25 мм. Все замеры производят 2 раза — в нижнем и верхнем положениях крейцкопфа. При сборке тщательно проверяют совпадение отверстий, по которым подводится смазка. Перед установкой крейцкопфов и ползунов направляющие рам и фонарей смазывают тонким слоем масла.

**Установка шатунов.** Порядок подготовки и монтажа любых шатунов после их расконсервации отличается лишь сборкой подшипников большой головки.

В компрессорах с кривошипными валами шатун имеет неразъемную большую головку с клиновой затяжкой вкладышей подшипников. В коленчатых валах разъемная большая головка соединяется шатунными болтами. Сначала во всех вкладышах с баббитовой заливкой проверяют плотность ее прилегания. Далее проверяют по краске или натирам плотность прилегания затылков вкладышей к соответствующим расточкам в постелях большой и малой головок шатуна, а также плотность прилегания клиньев к сопрягаемым плоскостям головок и вкладышей. Взаимная пригонка этих деталей достигается с помощью пришабривания (см. с. 60). Требуемая точность прилегания — не менее восьми равномерно распределенных по всей поверхности пятен в каждом квадрате 25×25 мм. Обычно пришабривают затылочные и клиновые поверхности вкладышей, изготовленных из бронзы, а для больших головок — из чугуна.

Перед установкой шатуна на место проверяют прилегание вкладышей большой головки к соответствующим

шейкам вала и крейцкопфного подшипника к пальцу. Проверку ведут по краске или натиром с дополнительной шабровкой, если не достигается точность прилегания не менее десяти пятен на каждый квадрат  $25 \times 25$  мм.

В оппозитных компрессорах тонкостенные вкладыши проверяют на прилегание к постелям большой головки шатуна и шейке вала с минимальной шабровкой, как и для коренных подшипников, но с обязательным соблюдением натяга  $0,13—0,17$  мм для обеспечения прилегания затылка и диаметрального монтажного зазора. Подшипник крейцкопфной головки, выполняемый здесь в виде неразъемной втулки, приходит запрессованным и по пальцу крейцкопфа только проверяется диаметральный зазор.

В крейцкопфном подшипнике после пригонки его к расточкам постелей и к пальцу регулируют диаметральный зазор с помощью набора прокладок, устанавливаемых в разъемах вкладышей. Величину диаметрального зазора измеряют щупом, который заводят с обоих торцов подшипника. Диаметральный зазор крейцкопфного подшипника должен составлять  $0,05—0,08$  мм для пальцев диаметром  $120—200$  мм и  $0,08—0,1$  мм для пальцев диаметром  $200—300$  мм. В собранный подшипник крейцкопфный палец должен входить достаточно плотно без люфта. Наборы прокладок во избежание выпадания при разборке закрепляют на стыковых поверхностях вкладышей винтами. При сборке крейцкопфного подшипника с пальцем проводят затяжку клина, наклонная плоскость которого поджимает внутренний (относительно тела шатуна) вкладыш малой головки. В некоторых конструкциях затягивают клинья по обе стороны вкладыша.

Первоначально крейцкопфный подшипник затягивают во время пригонки вкладышей к пальцу. Вкладыши затягивают без зазора так, чтобы палец был плотно зажат. Для получения натиров палец поворачивают несколько раз с помощью рычага, который закладывают между болтами, ввернутыми в торец пальца. Шатун устанавливают на место для проверки прилегания вкладышей подшипников к соответствующим шатунным (кривошипным) шейкам и к пальцу крейцкопфа в сборе всего узла. Вкладыши шатунных подшипников собирают без прокладок, что обеспечивает плотное прилегание их к шейке. Прилегание проверяют по натирам, полученным за один-два полных оборота вала. После проведения требуемой пригонки по краске проверка прилегания вкладышей к шейке вала

должна давать не менее десяти равномерно распределенных пятен в квадрате  $25 \times 25$  мм.

В горизонтальных компрессорах оппозитных и с односторонним расположением рядов для установки шатуна на место крейцкопф передвигают к середине направляющих, а шатунную (кривошипную) шейку поворачивают в противоположное крейцкопфу положение. Шатун соединяют с шейкой вала. Далее вал поворачивают, передвигая шатун так, что малая его головка заводится в крейцкопф до совпадения их отверстий под палец. В вертикальных (угловых) компрессорах для удобства сборки крейцкопф фиксируют в среднем или верхнем положениях с помощью деревянных распорок, установленных через окна направляющих.

Перпендикулярность продольной оси шатуна и оси шатунной (кривошипной) шейки можно проверять двумя способами. По одному способу для проверки прилегания вкладышей измеряют осевые зазоры в крейцкопфном подшипнике в крайних положениях крейцкопфа. Если оси взаимно перпендикулярны, то зазоры не должны изменяться при переходе крейцкопфа из одного положения в другое. Допускаемое отклонение 0,2 мм на 1 м расстояния между осями подшипников шатуна.

При проверке по другому способу шатун в подвешенном состоянии плотно соединяют с шатунной (кривошипной) шейкой, затягивая вкладыши без прокладок, чтобы не было зазора (рис. 57). На обеих головках шатуна и стержне кернами намечают ось. Шатунную шейку устанавливают в верхнее положение. Против отметки на малой головке шатуна опускают отвес; совпадение шнура отвеса с отметками осевой линии на стержне и большой головке шатуна свидетельствует о том, что вкладыши обработаны правильно и ось шатуна перпендикулярна оси шейки.

Проверку производят в четырех диаметрально противоположных положениях шатунной шейки вала по окружности. Допускаемое отклонение то же, что и в первом случае.

Чрезмерное отклонение осей от перпендикулярности исправляют дополнительным пришабриванием вкладышей шатунного подшипника. Наибольшую толщину слоя баббита следует снимать с утолщенной стороны вкладыша, сводя толщину снимаемого слоя до нуля на противоположной стороне вкладыша.

Наибольшая толщина снимаемого слоя равна  $\kappa$ , где  $\kappa = \frac{a}{b} \left( \frac{b}{2} + a \right)$  мм ( $a$ ,  $b$  и  $\kappa$  — см. рис. 57).

При проверке плотности прилегания вкладышей шатуна к пальцу кресткопфа и шатунной шейке при помощи щупа измеряют зазоры между торцами вкладышей малой головки и стенками корпуса кресткопфа, а также торцами вкладышей большой головки и галтелями шатунной шейки. Для кривошипного вала измеряют зазор между

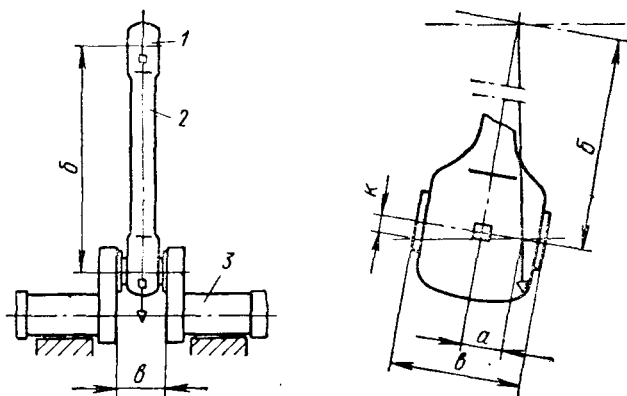


Рис. 57. Схема проверки перпендикулярности осей шатуна и шатунной шейки вала:

1 — шатун; 2 — отвес; 3 — коленчатый вал

торцами вкладыша шатунного подшипника и галтелью кривошипа с одной стороны и торцевой шайбой кривошипа — с другой. В большинстве компрессоров шатун фиксируют по кресткопфному подшипнику. Поэтому суммарный осевой зазор в нем не должен превышать 0,2—0,8 мм при диаметре пальца 120—200 мм и 0,8—1 мм при диаметре 200—300 мм. При этом осевой зазор в головном подшипнике должен составлять 2—4 мм для шатунной шейки диаметром 150—250 мм и 4—6 мм при диаметре шатунной шейки 250—350 мм. Осевой зазор в нефиксируемом подшипнике может иметь и меньшее значение (но не менее 1 мм на сторону). При наличии даже небольшого разбега шатуна чрезмерное уменьшение зазора вызывает трение торцов вкладыша о галтели и нагрев. Указанные выше значения осевых зазоров сохраняются и в случае, когда фиксирующим является шатунный подшипник, при этом для него принимают минимальные значения за-

зоров, а для крейцкопфного подшипника — максимальные. Для увеличения зазоров опиляют торцы вкладышей подшипников, для уменьшения — наплавляют на них баббит.

Замеры и регулировку диаметральных зазоров шатунных подшипников коленчатых валов производят по оттилкам на свинцовых пластинках, закладываемых между шейкой вала и вкладышем или между стыками вкладышей. Величины зазоров те же, что и в коренных подшипниках (см. с. 81). В тонкостенных вкладышах, собираемых без прокладок в стыках, диаметральный зазор создается за счет натяга.

В кривошипных валах диаметральный зазор измеряют с помощью щупа. Для таких валов диаметральный зазор в подшипнике должен быть равен 0,08—0,12 мм для шеек диаметром 150—250 мм и 0,12—0,15 мм для шеек диаметром 250—300 мм. Диаметральный зазор в головном подшипнике может быть отрегулирован также до установки шатуна на место. Подшипник собирают с равными по толщине наборами прокладок в стыках вкладышей. Штихмасом измеряют диаметр вкладыша по оси шатуна, а также в секторах 30° от этой оси. По показателям штихмаса увеличивают или уменьшают толщину набора прокладок.

После пригонки вкладышей по шейке и пальцу и регулировки всех зазоров шатуны снимают и разбирают подшипники. Затем их окончательно промывают и чистят. Отверстия для подачи смазки еще раз продувают воздухом. Протертые насухо детали смазывают маслом и собирают. Шатуны устанавливают на место с окончательной затяжкой и фиксацией резьбовых соединений. Палец крейцкопфа закрепляют нажимным фланцем. Гайки шатунных болтов затягивают нормальным ключом с удлиняющим рычагом до 0,5 м. Степень затяжки гаек проверяют по подвижности шатуна на шейке в направлении ее оси, смещая шатун с помощью небольшого рычага, заложенного между щекой вала и головкой шатуна. Более точно шатунные болты затягивают тарированными ключами, рассчитанными на определенное усилие затяжки. Рукоятка ключа переходит на холостой ход, как только усилие затяжки превысит допустимое. Удлинение болта при затяжке, если это оговорено в паспорте машины, проверяют специальной скобой.

**Регулировка мертвого пространства цилиндров.** Мертвые пространства или зазоры между торцами поршня и

крышками цилиндров предохраняют крышки и поршень от касаний и ударов при тепловом удлинении штока или выработке вкладышей шатунных подшипников. Линейный зазор мертвого пространства в цилиндрах при крайнем положении поршня к раме должен быть на 2—3 мм меньше линейного зазора при другом крайнем положении. Размеры линейных зазоров мертвых пространств для компрессора даны в его паспорте. Допускаемое отклонение от требуемой величины зазора  $\pm 0,5$  мм.

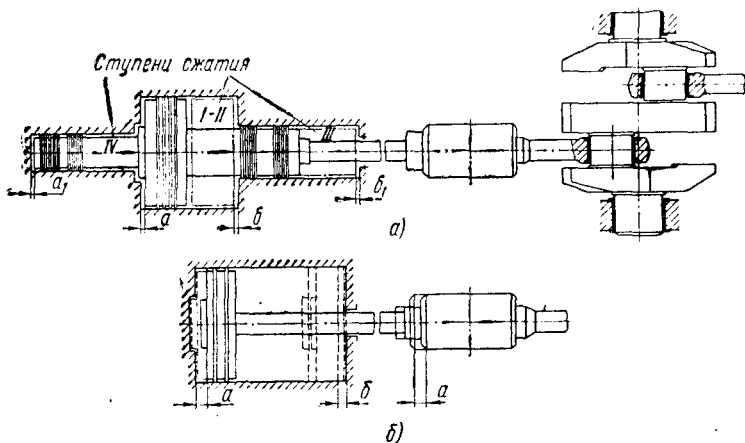


Рис. 58. Схемы измерения линейных зазоров мертвых пространств по оттискам (а) и по разметке (б)

Зазоры  $a$ ,  $a_1$ ,  $b$ ,  $b_1$  измеряют по свинцовым оттискам (рис. 58, а). В цилиндр между крышками и поршнем закладывают через клапанные отверстия отрезки свинцовой проволоки диаметром 6—8 мм и длиной 100—150 мм или таких же размеров полоски из листа, свернутые в трубку. Далее вал компрессора поворачивают так, чтобы поршень прошел через мертвую точку (дисковый поршень проходит через две мертвые точки) и сплющил заложенный в цилиндр свинец.

В небольших компрессорах при трудности снятия свинцовых оттисков линейный зазор мертвого пространства можно замерять по крейцкопфу и направляющим (рис. 58, б). Вал поворачивают на полный оборот, отмечая на направляющей крейцкопфа крайние положения поршня по контрольной риске, нанесенной на корпусе крейцкопфа или его нижнем башмаке. Затем расцепив

крейцкопф с шатуном, вручную доводят поршень до крайних положений с упором в крышки цилиндра и по контрольной риске на крейцкопфе вновь делают отметки на направляющей. Расстояние между первой и второй отметками соответствует величине линейного зазора (*a* или *b*).

Зазор регулируют подбором толщины дистанционной шайбы или набора шайб, закладываемых в отверстие крейцкопфа под хвостовик штока. При уменьшенном линейном зазоре в передней полости толщину набора уменьшают, при увеличенном зазоре — ставят дополнительную шайбу. При закреплении штока двумя гайками для регулировки зазора сдвигают шток в нужном направлении, ослабляя одну из гаек и подтягивая другую. Регулировку проводят также изменением толщины прокладок (если они предусмотрены конструкцией) под крышками цилиндров. При нескольких цилиндрах в ряду линейный зазор только в одном из цилиндров можно отрегулировать по согласованию с заводом-изготовителем подрезкой торцов поршня или крышки цилиндра, а также смещением поршня относительно штока подрезкой ограничительного бурта штока или установкой шайбы между буртом и торцом поршня. Толщина шайбы и глубина подрезки бурта должны быть равны величине выравнивания зазора.

**Установка сальников.** Конструкция сальников (форма и количество уплотняющих элементов, порядок их расположения и величины зазоров) определяется видом подаваемого компрессором продукта и давлением. При монтаже должны быть обеспечены: качественная пригонка примыкающих друг к другу плоскостей и стыков, плотное прилегание уплотняющих элементов к штоку поршня и монтажные зазоры между элементами.

Обычный сальник состоит из четырех-восьми камер (рис. 59), каждая из которых снабжена двумя плоскими кольцами 4 и 5, составляющими элемент набивки; замыкающее кольцо 4 (первое по ходу газа), примыкающее к борту камеры 3, разрезано на три части, так как служит для перекрытия осевых зазоров второго кольца 5. Последнее разрезано на шесть частей и называется уплотняющим, так как у него полностью перекрыты радиальные зазоры. Каждое кольцо стягивается с помощью браслетной пружины 7, заложенной в специальную канавку на цилиндрической части кольца. Одна из средних камер 6 сальника или последующие за ней камеры имеют отверстия, по которым в сальник подается масло.

После разборки и расконсервации протертые насухо детали сальника сортируют по маркировке, указанной в чертеже, и проверяют качество их взаимной пригонки. Для проверки на притираемые поверхности карандашом наносят риски. Следы карандаша должны стираться при поворачивании одной поверхности относительно другой.

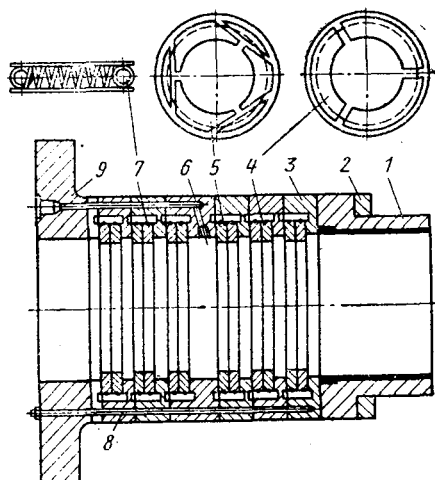


Рис. 59. Сальник и сальниковые кольца:

1 — опорная дроссельная втулка; 2 — дистанционное кольцо; 3 — камера; 4 и 5 — кольцо замыкающее и уплотняющее; 6 — камера для смазки; 7 — браслетная пружина; 8 — шпилька; 9 — нажимной фланец

Сначала проверяют прилегание торцовых поверхностей уплотняющего и замыкающего колец, а также замыкающего кольца и камеры. Одновременно проверяют пригонку торцов опорной втулки 1 и нажимного фланца 9 к примыкающим к ним камерам. Притертые до ровного матового цвета поверхности не должны иметь сквозных рисок забоин и других дефектов.

Далее на стирание следов карандаша или на краску проверяют прилегание к штоку каждого кольца в сборе. Прижатое с помощью пружины к поверхности штока кольцо поворачивают несколько раз вокруг его оси. Показатель хорошей пригонки — полное стирание следов карандаша или краски. Дополнительную притирку производят шлифовальным порошком № 8, разведенным в масле, или притирочными пастами. Сначала притирают каждый примыкающий к штоку сегмент, а затем все кольцо в сборе. Сегменты передвигают вперед и назад вокруг оси штока и периодически — вдоль оси, следя за тем, чтобы притираемые поверхности плотно примыкали к поверхности штока. Для притирки удобно пользоваться фальштоком с таким же диаметром. Это позволяет всю проверку и пригонку выполнять в условиях мастерской. Торцовые поверхности колец, опорной втулки и нажимного фланца удобно притирать, пользуясь притирочной



плитой, торцовую поверхность внутреннего пояса кольца — пользуясь специальным чугунным притиром. Проверка по краске должна дать не менее двух пятен на дуге длиной 10 мм или в квадрате 10×10 мм.

После пригонки детали вторично промывают, просушивают и собирают. Каждую пару колец (уплотнительного и замыкающего) соединяют штифтом для обеспечения взаимного перекрытия зазоров в стыках сегментов. Отверстия для подачи смазки продувают воздухом. После установки кольца на шток суммарный зазор в стыке сегментов, стянутых пружинным браслетом, для обеспечения плотного прилегания кольца к поверхности штока и в то же время достаточной подвижности должен составлять 1,0—1,5 мм.

Перед сборкой сальника проверяют прилегание торцовых поверхностей камер и примыкающих к ним деталей. Торцы опорной втулки и первой камеры (рис. 60) подвергают притирке. Кроме того, притирают борт втулки, примыкающей к цилиндру. Дросселирующий зазор *a* на этом борте должен составлять 0,07—0,15 мм по всей окружности. Измеряют зазор щупом, который заводят в щель между телом втулки и линейкой, поставленной ребром на борт дистанционного кольца.

Зазор между баббитовой заливкой опорной втулки и штоком также проверяют щупом и этот зазор во избежание утечек или чрезмерного трения должен иметь следующие значения при разных диаметрах (в мм):

Диаметр штока	90—120	120—200	200—220
Зазор . . . . .	0,05—0,06	0,06—0,08	0,08—0,1

При установке уплотняющего элемента 2 в камеру 1 между ними выдерживают осевой зазор  $a = 0,08—0,12$  мм (рис. 61). Проверку можно проводить, измеряя щупом зазор между дном камеры 1 и уплотняющим элементом 2 при установке их на контрольную плиту 3 (рис. 61, а) или зазор между элементом, уложенным в камеру, и торцом следующей камеры (см. рис. 61, б). Если зазор больше 0,12 мм, то необходимо уменьшить высоту камеры допол-

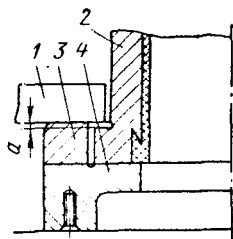


Рис. 60. Схема проверки зазора на торце опорной втулки сальника:

1 — линейка; 2 — опорная втулка; 3 — дистанционное кольцо; 4 — камера

нительной притиркой ее узкой торцевой кромки. Если зазор меньше 0,08 мм, то дополнительно притирают торцевые поверхности колец. Притирку проводят на плите шлифовальным порошком с маслом, переходя постепенно от крупнозернистого порошка к мелкозернистому, а затем притирочной пастой.

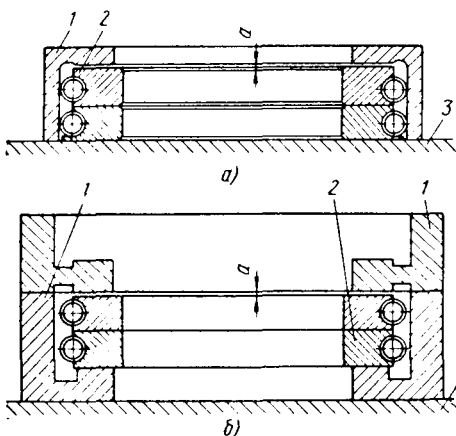


Рис. 61. Схема проверки осевого зазора между камерой и уплотняющим элементом по плите (а) и по камере (б):

1 — камера; 2 — уплотнительный элемент; 3 — плита

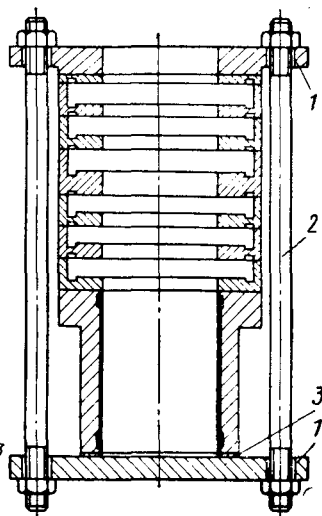


Рис. 62. Приспособление для испытания камер сальников:

1 — фланец; 2 — шпилька; 3 — паронитовая прокладка

По окончании пригонки камер контролируют точность их взаимного прилегания, обеспечивающую герметичность при работе. Для этого проверяют собранный сальник с помощью приспособления (рис. 62), состоящего из двух фланцев и стягивающих их шпилек. Герметичность образовавшегося стакана проверяют, наливая в него керосин, и выдерживают 3 ч. Течи устраняют дополнительной притиркой.

Для установки сальника шток отсоединяют от крейцкопфа. Поршень со штоком отводят в крайнее заднее, а крейцкопф — в крайнее переднее положение. Детали сальника и шток смазывают маслом, применяемым для смазки цилиндра. Смазывают также браслетные пружины, стягивающие сегменты, чтобы предохранить их от выпадения. После удаления нажимного фланца 9 (см. рис. 59)

в гнезде цилиндра собирают сальник. Обычная последовательность сборки: паронитовая прокладка, опорная дроссельная втулка и дистанционное кольцо 2 и далее камеры 3 согласно их маркировке. В некоторых конструкциях предусмотрены направляющие шпильки 8, которые ввертывают в первую по ходу газа камеру для фиксации положения всех последующих. Это необходимо для совмещения отверстий, по которым подается смазка. Все детали следует вводить в гнездо без перекосов с небольшим усилием до упора в уже поставленную деталь. Правильность установки проверяют, измеряя линейкой или стержнем глубину гнезда до и после установки детали и сопоставляя эти размеры с размерами детали по высоте. Таким же образом проверяют совпадение отверстия для смазки в одной из средних камер 6 с отверстиями в теле цилиндров или в последующей камере, через которые масло подается в сальник.

После установки нажимного фланца 9 с промежуточной шайбой весь сальник стягивают с помощью направляющих шпилек (если они имеются), а нажимной фланец крепят к цилиндру болтами.

Затем устанавливают маслосниматель, корпус которого представляет собой цилиндрическую крышку, закрепляемую с помощью кольца 1 на выступе направляющей крейцкопфа (рис. 63). Отверстие крышки, через которое проходит шток, уплотняется одной сальниковой камерой 4. В камере установлен уплотняющий элемент 3, состоящий из двух колец — замыкающего и уплотняющего (по ходу газа). Маслосниматель служит для того, чтобы цилиндрическое масло, поступающее для смазки штока, не смешивалось с машинным маслом, подаваемым к крейцкопфу. Требования к пригонке камеры и колец аналогичны требованиям к пригонке сальника. Осевой зазор в пределах 0,08—0,12 мм можно регулировать с помощью прокладки 5, находящейся между корпусом 2 и камерой 4.

Сальники аммиачных компрессоров (рис. 64) с уплотнением из мягкой асбестовой набивки 4, пропитанной графитом, имеют в средней части кольцевой фонарь 6, который предохраняет от утечек газа в атмосферу. Верхняя часть фонаря соединена трубкой со всасывающей линией компрессора, а через нижнюю подается масло к штоку и сальниковой набивке. Последняя выполнена из пропитанного графитом асбеста круглого или квадратного сечения. Стыки асбестовых колец имеют косые срезы, при

установке в корпус сальника стыки не должны совпадать. Необходимо, чтобы в стыке сечение кольца не изменялось, в противном случае нарушается плотность взаимного примыкания колец.

При установке колец в гнездо следует учитывать, что при затяжке нажимной втулки 7 набивка несколько обжимается и фонарь 6 может быть смещен относительно отверстий для отсоса газа и подачи смазки. Во избежание этого

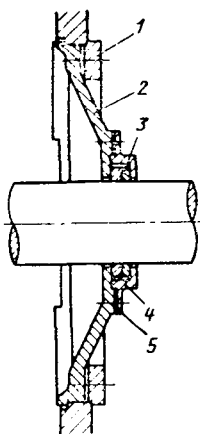


Рис. 63. Маслосни-  
матель:

1 — кольцо; 2 — кор-  
пус маслосни-  
мателя; 3 —  
уплотняющий  
элемент; 4 — камера;  
5 — прокладка

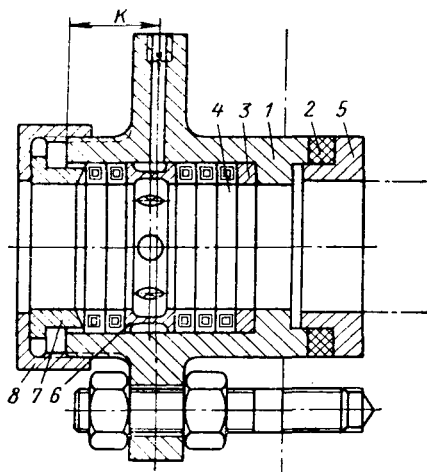


Рис. 64. Сальник аммиачного ком-  
прессора:

1 — корпус; 2 — прокладка; 3 — бабби-  
товое кольцо; 4 — набивка; 5 — опорная  
втулка; 6 — фонарь; 7 — нажимная втул-  
ка; 8 — гайка

при сборке фонарь смещают в сторону нажимной втулкой на расстояние, равное ширине одного-двух колец набивки. Для проверки сопоставляют с помощью линейки расстояние  $k$  от торца корпуса до оси отверстий с высотой набора сальниковых колец и фонаря. Порядок пригонки к штоку нажимной 7 и опорной 5 втулок и зазоры между ними и штоком такие же, как и для металлических сальников. Затяжка сальников в сборе нажимной гайкой 8 не должна вызывать нагрева штока от трения о сальниковую набивку. По мере приработки сальника и штока гайку подтягивают.

В сальниках для компрессорных цилиндров, работающих с давлением  $50 \text{ кг/см}^2$  и более, уплотняющие элементы выполнены в виде трех разрезных конических

колец (рис. 65), которые при обжатии плотно прилегают к штоку. В зависимости от давления компрессора сальник комплектуется из четырех—шести камер. В сборе кольца (Т-образное 1 и два уплотняющих 2) имеют трапецеидальную форму с широким основанием, обращенным к штоку. Для перекрытия прорезей колец взаимное положение их при сборке фиксируется штифтами. Конические поверхности колец 2 и прилегающие к ним по торцам поверхности упорной шайбы 4 и обоймы 3 пригоняют так, чтобы при проверке по краске в каждом квадрате  $10 \times 10$  мм

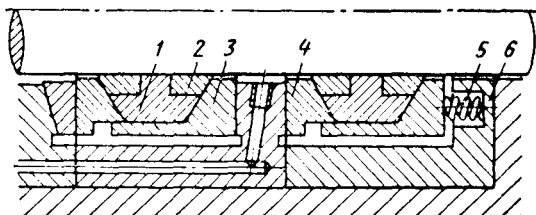


Рис. 65. Сальник высокого давления:

1 — Т-образное кольцо; 2 — уплотняющее кольцо;  
3 — обойма; 4 — упорная шайба; 5 — пружина;  
6 — камера

было не менее двух пятен. С такой же плотностью должны прилегать к штоку и соприкасающиеся с ним поверхности колец. Прилегание можно проверять и по стиранию карандашных штрихов.

В связи с тем, что уплотняющий элемент не имеет brasлетных пружин, для проверки прилегания и притирки его собирают на штоке с помощью хомута. Суммарный зазор в стыках колец должен составлять 1,5—2 мм. Притирке подвергают торцовые поверхности упорных шайб 4 и торцы примыкающих к ним камер 6. При сборке следят за маркировкой деталей и проверяют совпадение и проходимость отверстий для подачи смазки. Пригонку и сборку сальников поручают наиболее опытным монтажникам.

В компрессорах, работающих без смазки цилиндров и сальников, для сальниковой набивки вместо металлических колец применяют цельные кольца из фторопластовых материалов. Кольца имеют одну радиальную прорезь к штоку и стягиваются brasлетными пружинами для обеспечения плотного прилегания. У стянутого кольца зазор в прорези должен быть равен 0,5—0,8 мм. Кольца

в паре фиксируют штифтом так, чтобы прорези были смещены и перекрыты. Иногда одно из колец имеет съемный сегмент, перекрывающий радиальную прорезь спаренного с ним кольца.

Прилегание торцевой части колец друг к другу и к борту камеры обеспечивают пришабриванием соответствующих поверхностей. Проверку проводят по краске. Пригонку колец по штоку не производят, если при обработке колец выдержан посадочный их внутренний диаметр. Порядок установки колец на шток тот же, что и для металлических сальников. При сборке такой сальник не смазывают.

### **УСТАНОВКА ВСАСЫВАЮЩИХ И НАГНЕТАТЕЛЬНЫХ КЛАПАНОВ**

Рабочие клапаны цилиндров служат для открытия и закрытия их полостей во время всасывания и нагнетания. Применяют следующие типы самодействующих пластинчатых клапанов: кольцевые, дисковые и полосовые (рис. 66). В холодильных компрессорах, а также в большинстве газовых и воздушных компрессоров применяют прямоточные клапаны, в которых полосовые пластины расположены вдоль потока газа, что значительно снижает потери напора. Пластины, примыкающие к седлу клапана, слегка изгибаются, когда пропускают газ, и почти не меняют его направления.

Всасывающие и нагнетательные пластинчатые клапаны комплектуют из одинаковых деталей. Различие заключается в расположении и креплении седла *1* и ограничителя *4* (упора) подъема пластины. При монтаже клапанов необходимо обеспечивать плотное прилегание пластин к седлам и герметичность их при работе в периоды закрытия.

После расконсервации все обработанные поверхности деталей, особенно седел и пластин, подвергают тщательному осмотру. В местах уплотнений устраняют возможные забоины, следы коррозии и поперечные риски, которые впоследствии при работе могут дать утечки газа. По контрольной плите проверяют возможную деформацию пластины. Для этого пластину укладывают плотно на плиту и слегка ударяют по пластине рукой. Покачивание пластины свидетельствует об искривлении ее поверхности. Далее проверку ведут с помощью щупа. Ниже приведены значения допускаемого просвета между пластиной и пли-

той на дуге длиной, равной радиусу пластины, при различных наружных диаметрах пластины (в мм):

Наружный диаметр	90—120	120—180	180—200	200—250	Свыше 250
Допускаемый просвет	0,03	0,05	0,08	0,15	0,2

Для обеспечения плотности прилегания на пластину устанавливают груз весом примерно равным усилию пружины клапана в рабочем состоянии. Деформированные

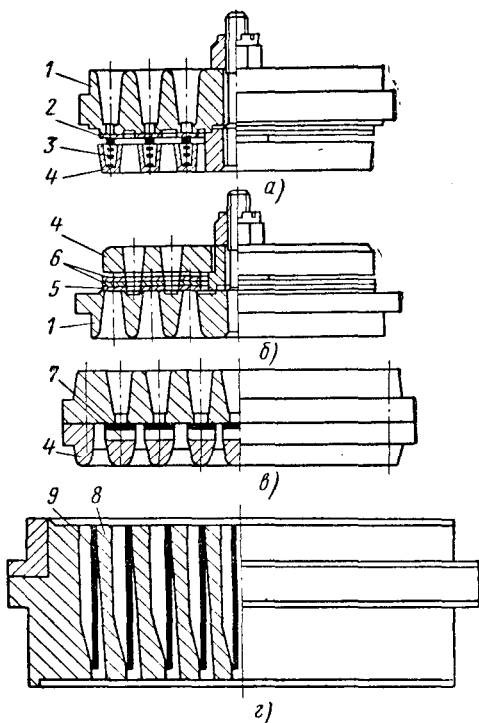


Рис. 66. Кольцевой (а), дисковый (б), полосовой (в) и прямо-точный (г) рабочие клапаны:

1, 8 — седло; 2 — пластина кольцевая; 3 — пружина; 4 — ограничитель подъема; 5 — пластина дисковая; 6 — пластина буферная; 7 — пластина полосовая; 9 — пластина

пластины дополнительно обрабатывают на плоскошлифовальном станке, так как поверхность их подвергается закалке.

При сборке клапана следят за тем, чтобы пластины поднимались свободно по направляющим упора, и все пружины входили в свои гнезда на упоре. В кольцевых клапанах для одновременного подъема всех колец без перекосов и заеданий пружины упора должны иметь одинаковую жесткость, а пластины кольцевых клапанов

должны быть подогнаны по направляющим упора. После укладки пружин и пластин упор плотно прижимают к седлу, для этого затягивается до отказа и стопорится гайка. Работу пластин проверяют, нажимая на них прутком, проходящим через паз, или двух-, трехрогой вилкой, которой нажимают на пластину.

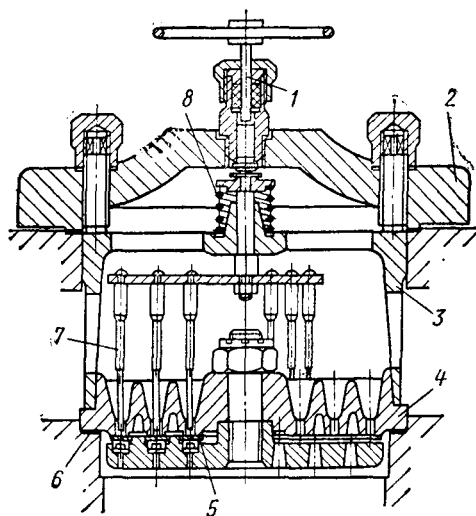


Рис. 67. Клапан с отжимным приспособлением:

1 — шпindelь; 2 — крышка; 3 — фонарь; 4 — седло; 5 — пластина; 6 — прокладка; 7 — отжимная вилка; 8 — пружина

После сборки клапан устанавливают в соответствующее гнездо (клапанную коробку) цилиндра (рис. 67). Между клапаном и гнездом ставят паронитовую или медную прокладку 6. Прокладка должна очень точно входить в расточку, чтобы не было пропусков газа, а также перекосов клапана. Кольцевую прокладку из паронита толщиной 3—4 мм вырезают вначале по внутренней окружности, а затем по наружной, во избежание коробления прокладки. Медная прокладка из отожженной проволоки (диаметром 3—4 мм) должна иметь спаянный стык.

Клапан прижимается к прокладке фонарем 3, в противоположный торец которого упираются нажимные винты крышки 2 клапана. Нажимные винты затягивают равномерно, чтобы не было перекоса клапана. Затянутые нажимные винты стопорятся глухими гайками, которые одновременно предохраняют выступающую часть резьбы винтов от повреждения. Под крышку также устанавливают прокладку.



При установке прямоточных клапанов в гнезда цилиндра выдерживают зазор не менее 1 мм между внутренней кромкой фонаря и стяжным кольцом клапана. При отсутствии зазора и опирании фонаря на кольцо возможен перекосяк и повреждение клапана. При ревизии нельзя отжимать клапанные пластины.

Всасывающие клапаны первой ступени компрессоров снабжены приспособлением для ручного или автоматического отжима пластин при пуске компрессора. Это необходимо для того, чтобы в первый период работы не создавать давления в цилиндре и тем самым разгрузить электродвигатель. В многоступенчатых компрессорах в зависимости от схемы регулирования таким приспособлением для отжима пластин снабжают также все последующие ступени или только четвертую ступень.

Ручной отжим (см. рис. 67) состоит из шпинделя 1, ввернутого в резьбу крышки 2 клапана и уплотненного в ней сальником. На шпинделе закреплена отжимная вилка 7, зубцы которой заходят в соответствующие пазы и отверстия седла 4 до соприкосновения с пластинами. Вращая маховичок шпинделя, опускают или поднимают вилку 7, отжимая при этом полностью или частично пластинку 5 от седла 4.

При монтаже проверяют уплотнение сальника шпинделя. Уплотнение (асбест, пропитанный графитом) укладывают в гнездо. Следует предусмотреть возможность подтягивания сальника (запас по высоте). При монтаже выравнивают по длине зубцы вилки. При установке вилки на контрольную плиту зубцы должны прилегать к ней без зазоров. При наличии зазора (измеряемого щупом) между плитой и одним из зубцов на величину этого зазора спиливают остальные зубцы.

Пневматический отжим пластин осуществляется автоматически при работе компрессора, когда потребление газа непостоянное и необходимо регулировать поступление его в цилиндр. Пневматический отжим выполняется с помощью небольшого регулятора; он установлен на крышке всасывающего клапана и действует при изменении давления на линии нагнетания. При повышении давления нагнетания поршень, связанный со шпинделем отжимной вилки, опускается, пластина отжимается и всасывание в цилиндр прекращается. При выравнивании давлением нагнетания пружина возвращает шпиндель и отжимную вилку в исходное положение, при котором всасывающие

клапаны вновь начинают работать. В регуляторе проверяют по карандашным штрихам притирку клапанов и подвижность пружин, а также плотность пригонки поршня, перемещающего отжимную вилку. Приспособление для отжима (ручное или автоматическое) и клапаны устанавливают одновременно перед испытанием компрессора.

При монтаже комбинированного клапана, в котором для упрощения отливки и обработке совмещены все всасывающие и нагнетательные клапаны данного цилиндра, особое внимание обращают на установку прокладок между гнездом и клапанной плитой, корпусом и крышкой, где в связи со значительным периметром часто возникают пропуски газа из-за плохой взаимной пригонки. При установке всасывающих и нагнетательных клапанов необходимо проверять их расположение по чертежу.

При монтаже клапанов с полосовыми пластинами проверяют подвижность каждой пластины в пазу ограничителя и прилегание пластин к седлу. Концы пластин не должны защемляться между седлом и упором, последние соединяют двумя винтами, которые затем стопорят. Перед сборкой дисковых клапанов проверяют работу буферных пластин, соединенных с основной дисковой пластиной.

До продувки межступенчатых трубопроводов и аппаратуры и испытания под нагрузкой клапаны в сборе укладывают на деревянные стеллажи.

## Глава IV

### МОНТАЖ СИСТЕМ И КОМПЛЕКТУЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

---

Каждый компрессор комплектуется трубопроводами, а также различными аппаратами, предназначенными для охлаждения газа после сжатия, отделения сконденсировавшейся в нем влаги и масла и сглаживания пульсаций давления. В состав комплектующего оборудования входят также системы смазки цилиндров и механизма движения, система охлаждения цилиндров и щиты управления.

#### МОНТАЖ МЕЖСТУПЕНЧАТОЙ АППАРАТУРЫ

К числу межступенчатых аппаратов относятся холодильники, масло- и влагоотделители, буферные емкости, ресиверы (рис. 68). Порядок монтажа аппаратов зависит от их конструкции, а также давления и среды, на которые они рассчитаны.

Для компрессоров с давлением до  $35 \text{ кгс/см}^2$  применяют кожухотрубчатые и элементные холодильники (рис. 68, а) с гладкими и поперечно оребренными трубами, для компрессоров с давлением свыше  $35 \text{ кгс/см}^2$  — холодильники типа «труба в трубе» (рис. 68, б). Иногда кожухотрубчатые холодильники совмещают в одном аппарате с масло-влагоотделителем и называют комбинированными (рис. 68, в). Для малогабаритных, а также вертикальных кислородных компрессоров используют погружные змеевиковые холодильники (рис. 68, в). В обычном виде масло-влагоотделитель (рис. 68, г) представляет собой емкость, в которой поток газа изменяет направление. При этом поток теряет скорость и от него отделяются капли конденсата и масла.

**Подготовка к монтажу.** Все аппараты перед установкой на место подлежат расконсервации. Внутренние полости аппаратов осматривают и испытывают на прочность и

плотность. Эта работа должна проводиться на складе хранения оборудования до выдачи его в монтаж, но практически ее выполняют на монтажной площадке.

При осмотре необходимо особое внимание обращать на качество развальцовки трубок в трубных досках кожухотрубчатых холодильников, качество выполнения сварных швов снаружи и изнутри аппаратов, а также правильность

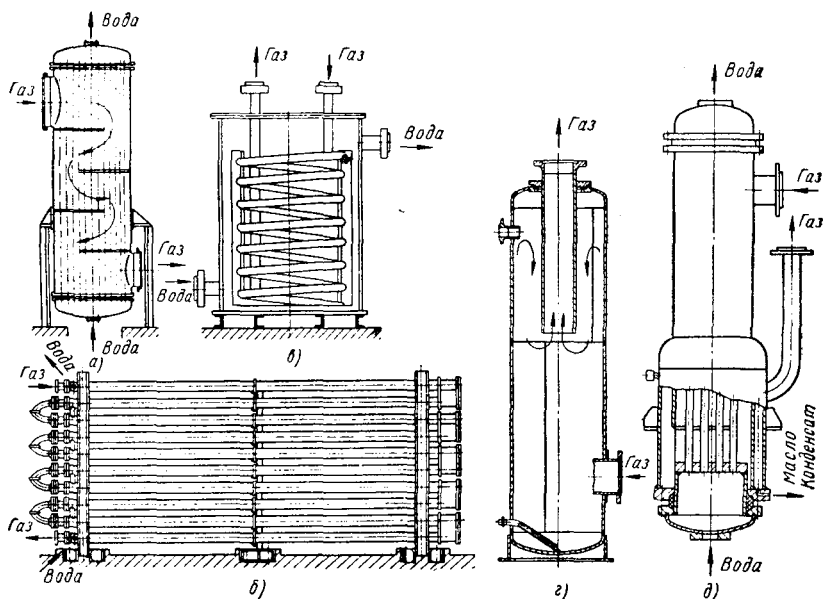


Рис. 68. Межступенчатая аппаратура компрессора:

а — холодильник кожухотрубчатый; б — холодильник типа «труба в трубе»; в — холодильник змеевиковый погружной; г — маслоотделитель; д — холодильник комбинированный с маслоотделителем

расположения штуцеров, фланцев и опор. В аппаратах высокого давления проверяют состояние резьбы крепежных деталей, штуцеров, фланцев и муфт, а также состояние уплотнительных поверхностей линз и гнезд, к которым они примыкают.

Аппараты устанавливают на фундаментах, которые выполняют одновременно с фундаментом компрессора. Для аппаратов, устанавливаемых на первом этаже машинного зала, фундаменты, черные полы и лотки под трубопроводы готовят параллельно по окончании подсыпки грунтом фундамента компрессора. Во время приемки фундаментов

под аппараты проверяют их расположение относительно фундамента компрессора, высотные отметки и размеры между осями анкерных болтов (допуски см. с. 25). Эти размеры сверяют с расположением отверстий в опорах аппаратов, чтобы заранее предусмотреть смещение отверстий или подготовить переходные детали.

Аппараты устанавливают на плоских стальных подкладках. Размеры подкладок: ширина 80—100 мм, длина 100—150 мм, толщина 0,5, 1, 5, 10, 20 мм. В пакете должно быть не более пяти подкладок, причем общая толщина (40—80 мм) пакета соответствует зазору между поверхностью фундамента и опорами аппарата, оставляемому для подливки. Толщина нижней толстой подкладки должна быть не менее 10 мм. Для ускорения монтажа небольшие аппараты при отсутствии готовых фундаментов ставят на металлические опоры из стального проката, которые затем бетонируют. Опоры должны быть временно жестко связаны между собой или с конструкциями здания. В некоторых аппаратах предусматриваются регулировочные болты.

**Установка аппаратов.** С помощью крана или тали аппарат устанавливают на фундамент так, чтобы анкерные болты прошли в отверстия опор аппарата. Далее по направлению штуцеров, к которым будут присоединяться трубопроводы, а также люков и лазов, к которым должен быть обеспечен свободный подход, по чертежу проверяют расположение аппарата в плане, по высоте, а также его вертикальность и горизонтальность, которые регулируют с помощью подкладок. Допускаемое отклонение от горизонтальности 0,5 мм на 1 м. Горизонтальность проверяют уровнем с ценой деления 0,2—0,5 мм на 1 м. Уровень ставят на обработанную поверхность верхнего фланца, а в холодильниках типа «труба в трубе» — на поверхность труб в нескольких местах. Для вертикальных аппаратов допускаемое отклонение от вертикальности 0,5 мм на 1 м высоты. Вертикальность проверяют по отвесу и линейке.

Отдельные виды аппаратов в том числе холодильники типа «труба в трубе» и межступенчатая аппаратура высокого давления устанавливают на металлических опорных конструкциях (кронштейнах), закрепляемых на стенах фундамента и на полу. Обычно кронштейны монтируют до установки аппаратов. Аппараты крепят к кронштейнам металлическими хомутами (расположение и количество

хомутов указывается в чертеже). При выверке вертикальности и горизонтальности устанавливают тонкие подкладки между кронштейнами и лапами аппаратов.

Перед холодильниками типа «труба в трубе» обычно ставят буферную емкость, которая служит для сглаживания пульсаций давления, возникающих в холодильниках при вталкивании в них сжатого газа из цилиндров. После холодильников устанавливают маслоотделители. В компрессорах низкого и среднего давления применяют маслоотделители с подводом газа под углом или по касательной к выходному патрубку. В маслоотделителях к компрессорам высокого давления происходит петлеобразный поворот потока газа.

Буферные емкости и маслоотделители высокого давления, представляющие собой аппараты баллонного типа, устанавливают на фундаменте на пружинных опорах (для гашения пульсаций давления) и закрепляют хомутами в нижней части. При установке проверяют вертикальность положения аппаратов по отвесу, а также удобство их расположения по отношению к продувочному баку, в который периодически сбрасываются накопившиеся масло и вода.

На всасывающих линиях устанавливают гидрозатворы, а на линиях возврата сырого газа — сепараторы.

**Испытание аппаратов.** Все установленные аппараты подвергают гидравлическим испытаниям при рабочем давлении. Практически эти испытания совмещаются с гидравлическим испытанием трубопроводов, которыми соединяют аппараты, что облегчает подвод и слив воды, требуемой для испытания. Однако холодильники следует испытывать предварительно, так как при транспортировании и такелаже может произойти повреждение трубных соединений. При гидравлическом испытании аппаратуру заполняют водой с помощью любой насосной установки, а затем создают рабочее давление поршневым гидравлическим прессом ручным или приводным.

При осмотре сварные швы обстукивают молотком массой до 1,5 кг. Места сварки и фланцевые соединения не должны пропускать воду. Особое внимание обращают на герметичность межтрубного и трубного пространства и наличие течи в местах развальцовки трубок в трубных решетках. При испытании межтрубного пространства кожухотрубчатого холодильника снимают верхнюю и нижнюю крышки. В холодильниках с плавающей головкой и ком-

бинированных холодильниках при снятии нижней крышки остается открытым межтрубное пространство. Поэтому к фланцам кожуха и трубной решетки крепят специальную перекрывающую межтрубное пространство царгу, при этом нижние концы трубного пучка остаются открытыми. Рабочее давление контролируют по манометру, установленному на напорной линии гидропресса. При испытании трубного пространства холодильников крышки не снимают.

Перед сборкой холодильников типа «труба в трубе» гидравлическому испытанию подвергают каждый элемент. Кольцевое пространство между внешней и внутренней трубами заполняют водой и проверяют состояние труб. После сборки всего холодильника на опорной конструкции внутренние трубы подвергают гидравлическому испытанию для проверки фланцевых соединений труб и калачей.

В погружных холодильниках газ проходит по одной или нескольким концентрическим секциям трубчатых змеевиков, размещенных в корпусе аппарата. Перед сборкой гидравлическому испытанию подвергают каждую секцию. Это позволяет обнаружить и устранить дефекты в сварке труб. Трубы этого типа холодильника чаще всего выполняют из цветных металлов. Внутри аппарата змеевики закрепляют хомутами на опорных вертикальных стойках, привариваемых к стенкам и дну корпуса. Гидравлическим испытаниям подвергают и корпус аппарата.

Дефекты, обнаруженные при гидравлическом испытании, дополнительную вальцовку труб холодильников, подтягивание болтов и шпилек на фланцах и крышках устраняют только после сброса давления. Порядок устранения дефектов, связанных с применением сварки, согласовывается с заводом-изготовителем и инспекцией Госгортехнадзора.

В период монтажа до присоединения трубопроводов все штуцера для подвода и отвода газа и воды заглушают деревянными пробками во избежание попадания в аппараты грязи и посторонних предметов. Перед подливкой подкладки в пакетах прихватывают электросваркой. Опорные части аппаратов подливают бетонной смесью с устройством опалубки. Гайки анкерных болтов окончательно затягивают по затвердеванию бетона.

Гидравлическое испытание аппаратов после их длительного хранения (более трех лет) проводят на испыта-

тельное давление, превышающее рабочее в 1,25 раза в течение 5 мин. Затем давление снижают до рабочего, при котором аппарат осматривают, и сварные швы обстукивают молотком массой до 1,5 кг. Испытательному давлению подвергают только газовые полости.

Монтаж аппаратов высокого давления требует тщательной пригонки соединений и стыков. Особое внимание обращает на равномерную затяжку болтов или шпилек с тем, чтобы создать для крепежных деталей одинаковую погрузку. При затяжке между стыкуемыми плоскостями разъемных частей аппарата поддерживают одинаковые по окружности зазоры, которые измеряют штангенциркулем или щупом.

Герметичность аппаратов, если в ходе монтажа или ревизии с них снимались крышки, люки и фланцы, а также при сборке аппарата из нескольких частей, достигается установкой прокладок. Если не удастся сохранить старую прокладку, то новую изготовляют из материала, указанного в чертеже или технических условиях. Прокладки из листа картона, паронита, резины и асбеста лучше изготовлять в условиях мастерской, чтобы обеспечить правильный раскрой. Прокладки из шнурового асбеста и резины круглого сечения, используемые для аппаратов большого диаметра, при установке прикрепляют мягкой проволокой к болтам по окружности фланца, чтобы при затяжке прокладки не выдавливались.

Для уплотнения стыков применяют также мастики, которые готовят при монтаже. Примерный состав суриковой мастики: 15% олифы натуральной; 43% сурика свинцового молотого; 14% белил свинцовых; 13% мела молотого; 15% льна или пеньки измельченных.

Мастика твердеет в течение 1—1,5 ч и ее готовят в количестве, требующемся для уплотнения одного-двух стыков.

## **МОНТАЖ ТРУБОПРОВОДОВ И АРМАТУРЫ**

Трубопроводы служат для подвода газа к компрессору, соединения его ступеней с промежуточными аппаратами, подачи газа в нагнетательную сеть или газосборник. Кроме основного трубопровода в зависимости от типа компрессора монтируют линии продувок масловлагодетелей, линии отсоса газа от сальников и предохранительных клапанов на каждой ступени сжатия и различные бай-



пасные (обводные) линии. Помимо газовых линий монтируют также трубопроводы систем смазки и охлаждения компрессора.

Наиболее эффективен монтаж трубопроводов, поступающих на монтажную площадку в виде узлов и блоков. Практически, в связи с отступлениями в размерах здания и фундаментов, в трубные узлы на месте приходится вносить поправки, удлиняя или укорачивая их прямые участки. Поэтому трубные узлы проектируют и изготавливают так, чтобы можно было за счет прямых участков компенсировать строительные погрешности. На месте монтажа обычно изготавливают трубопроводы диаметром до 40 мм, трубопроводы подачи смазки и воды, а также трубопроводы для контрольно-измерительных приборов.

**Подготовка трубопроводов.** Обычно узлы трубопроводов изготавливают в цехах или мастерских трубных заготовок, если же их приходится готовить на месте монтажа, то на площадке отводят место для хранения деталей трубопроводов. Площадку снабжают необходимыми подъемными устройствами и сварочным оборудованием. Детали трубопроводов, а также опоры и подвески раскладывают по типам и размерам, крепежные детали хранят в ящиках. Для хранения деталей трубопроводов высокого давления выделяют кладовую со стеллажами.

Трубопроводы изготавливают по рабочим (или реже сборочным) чертежам (форматкам) с последующим уточнением по месту за счет прямых участков или по размерам, снятым с натуры.

Марки труб для газопроводов устанавливают по чертежу и техническим условиям. Для давлений до  $60 \text{ кгс/см}^2$  в зависимости от назначения для масло- и водопроводных линий применяют трубы водогазопроводные, обыкновенные и усиленные (ГОСТ 3262—62), трубы из сталей 10 и 20 или Ст.2 и Ст.3 диаметром от  $1\frac{1}{2}$  до 4" и для газовых линий трубы электросварные (ГОСТ 10704—63) диаметром 57, 76, 89 и 114 мм.

Для давлений от 60 до  $350 \text{ кгс/см}^2$  используют трубы диаметром 10—45 мм стальные бесшовные холоднотянутые и холоднокатаные (ГОСТ 8734—58) и трубы диаметром 57—426 мм горячекатаные (ГОСТ 8732—58), выполненные из сталей 10, 20 и низколегированной. Для высоких давлений и температур применяют легированные трубы (с добавками хрома, никеля, молибдена и других элементов).

Фасонные детали трубопроводов, отводы всех видов, переходы, компенсаторы, тройники, крестовины и заглушки выполняют из тех же материалов, что прямые участки соединяемых с ними труб. Фасонные части поступают на площадку в готовом виде. Гнутые отводы на месте монтажа выполняют как исключение для трубопроводов из легированных и толстостенных труб, для которых не выпускаются готовые отводы.

*Подготовка труб и способы их соединения.* Трубы и их детали обычно соединяют электро- и газосваркой. Отдельные узлы трубопроводов и арматуру соединяют на фланцах. Тип фланца устанавливается по чертежу и зависит от диаметра трубы, давления и способа соединения фланца с трубой на резьбе, сваркой встык и пр. Фланцы различают также по форме соприкасающихся уплотняющих поверхностей (гладкие, с выступом и впадиной, под линзу, под прокладку).

Детали и узлы трубопроводов высокого давления имеют резьбовые соединения; применяют также фланцы или соединительные муфты с различными линзовыми уплотнениями. При давлениях до  $40 \text{ кгс/см}^2$  фланцы соединяют болтами, при давлениях  $40 \text{ кгс/см}^2$  и более — шпильками. Для давлений до  $16 \text{ кгс/см}^2$  применяют черные болты, до  $40 \text{ кгс/см}^2$  — получистые болты и свыше  $40 \text{ кгс/см}^2$  — точеные шпильки.

Ручную газовую сварку применяют для стальных труб диаметром до 114 мм при толщине стенки до 3 мм, а также для труб из цветных металлов. Дуговой электросваркой пользуются при толщине стенки трубы более 3 мм. Для ручной электросварки углеродистых и низколегированных труб используют электроды следующих марок (ГОСТ 9467—60): ОММ-5, ЦМ-7, УОНИ-13/45 и др. Для сварки легированных труб применяют специальные электроды. Необходимо стремиться даже в условиях монтажной площадки применять автоматизированные способы сварки, а также использовать различные приспособления, так как это повышает качество работ и производительность.

При подготовке труб под сварку их кромки механической обработкой или газовой резкой скашивают под углом  $15\text{—}35^\circ$ . Поверхность трубы зачищают с помощью стальных щеток или шлифовальных машинок на длину 10—30 мм от кромки под сварной стык, а сам стык точно центрируют с помощью различных приспособлений. Форма, угол скоса и величина притупления кромок труб

зависят от материала труб и способа сварки. Ручную электродуговую сварку труб с толщиной стенки до 5 мм включительно и газовую сварку выполняют без скоса кромок. Угол скоса кромок проверяют шаблоном, а перпендикулярность торцов труб по отношению к их профильной оси — линейкой и угольником.

Соосность труб при центровке проверяют линейкой длиной 400 мм, которую прикладывают в трех-четырех местах по окружности подготовленного стыка. Допускаемый просвет между концом линейки и трубой на расстоянии 200 мм от стыка для труб диаметром до 100 мм составляет 1 мм и для труб диаметром более 100 мм — 2 мм. Смещение кромок и различие в толщинах труб (при необработанных концах) не должны превышать 10—15% от толщины стенки и не должны быть более 3 мм. Сварной шов располагают на прямом участке трубы. Расстояние между швами должно превышать условный диаметр трубы и быть не менее 200 мм. Расстояние от шва до начала закруглений должно быть не менее наружного диаметра трубы и не менее 100 мм. В круто загнутых угольниках заводского изготовления швы располагают у начала закругления, поэтому допускается сварка без прямых участков между ними.

После пригонки и сборки стыков трубы прихватывают в трех-четырех местах по окружности теми же электродами, которыми будет производиться сварка. При сборке выдерживают зазоры между стыками для газовой сварки 0,5—2 мм, для ручной электродуговой сварки 1,5—3 мм при толщине стенки до 8 мм и 2—3,5 мм при толщине стенки 8 мм и выше.

Трубопроводы высокого давления сваривают с предварительной механической обработкой скосов стыкуемых кромок, более точной центровкой и применением подкладных колец. Сварку выполняют равномерным наплавлением металла по окружности стыка с предохранением его от резкого охлаждения.

*Проверка соединений.* К сварке трубопроводов компрессоров допускаются только дипломированные сварщики, сваренные стыки маркируют клеймом, присвоенным каждому из них. Качество сварных стыков проверяют рентгенографированием или просвечиванием лучами от радиоактивного элемента. В зависимости от категории трубопроводов проверяется 1—2—3% от общего количества стыков, заваренных каждым сварщиком, но не менее

одного. В трубопроводах для взрывоопасных и горючих газов (1-я и 2-я категории) просвечивают 100% стыков. Перед проверкой все стыки осматривают и проводят механические испытания и металлографическое исследование образцов, взятых из контрольных стыков. Количество этих стыков должно составлять 1% от общего числа стыков, но не менее одного. Сварные стыки труб с толщиной стенки 10 мм и более подвергают термической обработке (отжигу) для снятия внутренних напряжений и улучшения структуры металла шва и прилегающей к нему зоны. Это необходимо для предупреждения образования трещин. Режим (температура нагрева, длительность выдержки и порядок охлаждения) указывается в технических условиях. Места соединения нагревают индукционным способом, электрическими нагревательными элементами, которые накладывают на отжигаемый стык и в электрических муфелях сопротивления или с помощью форсунок и газосварочных горелок (для труб диаметром до 100 мм). Температура нагрева контролируется термометрами, снабженными показывающим и записывающим устройством или термокарандашами и термокрасками, наносимыми на трубу и изменяющими цвет при определенной температуре.

*Подготовка трубопроводов высокого давления.* При заготовке прямых участков трубопроводов высокого давления длину труб определяют по месту путем последовательной сборки одного участка трубопровода за другим с установкой всех фасонных частей и арматуры. Изготовление можно вести и по рабочим чертежам (форматкам) с выделением компенсационного звена — прямого участка трубы, длина которого уточняется по месту. Обычно одновременно готовят не более двух-трех прямых участков труб. Резьбу нарезают на трубонарезных и токарно-винторезных (для труб малого диаметра) станках. Резьбу по 2-му классу точности проверяют калибрами или по резьбе фланца, который будет накручен на трубу.

На торце трубы растачивают по шаблону гнездо под уплотняющую сферическую или конусообразную линзу.

На отрезаемые части труб переносят маркировку, которая была поставлена на заводе-изготовителе или при проверке перед выдачей в нарезку. Все трубы, а также все сопрягаемые с ними фланцы и фасонные части строго учитывают, на них заводят специальную документацию. Трубы и детали хранят в отдельных кладовых на стелла-

жах. Поступление новых деталей и выдача их на монтажную площадку записывают в журнал. Подбирают и хранят сертификаты — заводские документы, поступающие вместе с трубами и деталями.

Обработанные поверхности и резьбы предохраняют от коррозии густой смазкой.

*Подготовка прокладок.* Заготовку уплотняющих прокладок рекомендуется проводить до монтажа в условиях мастерской, при этом лучше используется материал и изготавливаются прокладки хорошего качества. Материал прокладок зависит от давления, температуры и среды. Листовой паронит (прессованная смесь асбеста и резины) применяют для воздуха при давлении до  $64 \text{ кгс/см}^2$ , для пара и неагрессивных газов при давлениях до  $40 \text{ кгс/см}^2$  и температуре  $375\text{—}400^\circ \text{C}$ . Картон прокладочный листовой и резину (одно- и многослойную) используют для водяных линий, а также для воздухопроводов при давлении до  $6 \text{ кгс/см}^2$ . Асбестовый картон применяют для трубопроводов, по которым транспортируется аммиак при давлении до  $30 \text{ кгс/см}^2$  и температуре до  $200^\circ \text{C}$ .

При давлениях от  $16$  до  $100 \text{ кгс/см}^2$  и температурах до  $300^\circ \text{C}$  ставят прокладки из листового алюминия или комбинированные асбоалюминиевые прокладки из отожженного листового алюминия толщиной  $0,3 \text{ мм}$  с асбестовой прослойкой. Применяют также металлические гофрированные прокладки из специальных жароупорных сплавов с асбестовой прослойкой. Для маслопроводов в качестве прокладок применяют картон, фибру, листовой алюминий и свинец.

Наружный диаметр прокладки должен соответствовать наибольшему диаметру уплотнительной поверхности фланца, а внутренний диаметр прокладки на  $2\text{—}3 \text{ мм}$  превышать его условный проход, чтобы при обжатии не уменьшилось свободное сечение трубы. Толщина прокладок должна быть минимальной  $2\text{—}3 \text{ мм}$ .

Прокладки вырезают из листа на сверлильных станках или вручную с помощью специальных приспособлений (рис. 69). Стержень-рукоятка *1* имеет посередине центрирующий упор *2*, устанавливаемый в центр окружности прокладки. На стержень надеты с каждой стороны одна-две пары ножей *3*, которые можно перемещать относительно центрирующего упора для получения радиусов внутренней и наружной окружностей прокладки. Центрирующий упор устанавливают на прокладочный мате-

риал и с нажимом вращают приспособление, используя упор как ось. При повороте ножи должны врезаться в материал, формируя прокладку за четыре-пять оборотов. Для прокладок диаметром до 250—300 мм такие приспособления устанавливают на сверлильные станки. Металлические прокладки из листа изготавливают штамповкой. Линзы сферические или конусообразные для уплотнений трубопроводов высокого давления изготавливают из тех же труб, что и прямые участки, и обрабатывают одновременно с ними. Необходимая плотность прилегания достигается непосредственно притиркой линз к гнездам или при помощи притиров.

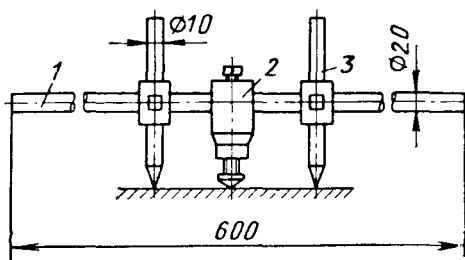


Рис. 69. Приспособление для вырезки прокладок: 1 — стержень-рукоятка; 2 — центрирующий упор; 3 — нож

**Гнутье труб.** В трубопроводах с большим количеством изгибов для межступенчатой трубопроводной обвязки компрессоров высокого давления, а также в трубопроводах из легированных сталей, для которых не поставляются готовые отводы, трубы приходится гнуть в процессе монтажа. Размеры гнутых участков снимаются по месту с помощью шаблонов из проволоки диаметром 2,5—3 мм. Трубы диаметром до 127 мм и толщиной стенки до 12 мм следует гнуть холодным способом на переносных трубогибочных станках с гидравлическим приводом, трубы диаметром до 159 мм и толщиной стенки до 10 мм — на стационарных трубогибах.

Гнутье на станках горячим способом с нагревом т. в. ч. применяют для труб диаметром до 205 мм и с помощью различных приспособлений и набивки песком для труб диаметром до 377 мм. В последнем случае трубы нагревают в печи или горне, а гнут между упорами, которые бетонируют в земле или на специальной площадке. Наименьший допускаемый радиус изогнутой трубы не должен быть меньше четырех наружных диаметров трубы при гнутье холодным способом и 3,5 диаметра при гнутье горячим способом.

После горячего гнутья всех труб и холодного гнутья труб диаметром более 89 мм проводят нормализацию по режиму, указанному в технических условиях для снятия остаточных напряжений.

Заготовку трубных узлов в условиях мастерской выполняют по рабочим чертежам трубопроводов. На готовые узлы наносят указанную на чертежах порядковую маркировку. В условиях мастерской узлы испытывают на прочность (см. с. 142), а затем комплектуют арматурой и крепежными деталями.

При изготовлении узлов на монтажной площадке также возможна предварительная заготовка некоторых элементов (отвод — прямой участок — фланец, отвод — прямой участок — отвод и т. п.) с последующей сборкой всего узла и присоединением арматуры при монтаже всего трубопровода.

**Монтаж трубопроводов.** Трубопроводы, поступающие на площадку готовыми узлами, сортируют по чертежу общего вида всей трубопроводной обвязки. Монтаж обычно начинают с трубопроводов большого диаметра всасывающих линий первой ступени, затем монтируют трубопроводы, связывающие все аппараты со ступенями компрессора, и, наконец, линии нагнетания.

В первую очередь в помещении машинного зала монтируют в траншеях или подвешивают коллекторы (прямые трубы), по которым проходят всасываемый и нагнетаемый газ, охлаждающая вода, масло (в расходный масляный бак и к машинам). К коллекторам, установленным и закрепленным на опорах или кронштейнах, подсоединяется вся сеть трубопроводов компрессора или разводка этой сети, если монтируется несколько машин. Значительно сокращает время монтаж трубопроводов одновременно нескольких ступеней и систем. Так на шестиступенчатой машине можно одновременно монтировать трубопроводы газа низкого и высокого давления, системы охлаждения, системы смазки, трубопроводы продувок, отсоса и слива, а также все коллекторы с разводками. Монтаж можно начинать, не ожидая окончания установки цилиндров, к которым присоединяются большинство трубопроводов. Устанавливают всю межступенчатую аппаратуру и монтируют все трубопроводы между аппаратами, кроме последних участков, примыкающих к цилиндрам. За их счет компенсируют все погрешности. Монтаж ведут по принципу «труба к машине» в отличие от при-

нятого, когда монтаж трубопроводов начинают последовательно от цилиндров.

При подгонке и сварке стыков труб необходимо учитывать те же требования, которые предъявляются и к заготовке трубных узлов. В стены и перекрытия здания, через которые проходят трубопроводы, закладывают патроны (отрезки труб большего диаметра), обеспечивающие свободный осмотр и выемку трубопровода. Патроны выступают на 50 мм по обе стороны стены и бетонируются в ней. Участки труб, находящиеся в патроне, не должны иметь сварных стыков. Между фундаментом машины или стенками здания и монтируемым трубопроводом оставляют минимальный зазор, достаточный для наблюдения за состоянием поверхности трубы или изоляции, если она предусматривается проектом.

Трубопроводы, устанавливаемые в одном ряду, размещают так, чтобы трубы были параллельны, промежутки между ними были одинаковые. Вертикальность труб проверяют по отвесу, горизонтальность — по уровню с базой 300—400 мм. При этом соблюдаются уклоны, указанные в проекте. Обычно допускаемые уклоны на 1 м длины трубопровода составляют для газа 2 мм по ходу и 3 мм против хода газа, для воды 2 мм по ходу воды и для высоковязких продуктов 20 мм по ходу продукта. Для воздухогазопроводов рекомендуется также уклон 0,003 в сторону водомаслоотделителей. Не допускаются мертвые зоны, где может скапливаться вода или масло. Трубопроводы не должны касаться стенок аппаратов.

Все такелажные работы выполняют с помощью имеющихся в помещении подъемных средств (крана, крана-балки или тельфера) или надежно закрепленных талей или блоков с лебедкой. В процессе монтажа трубопроводы закрепляют на опорах и подвесках, не оставляя эти работы на заключительный период перед испытанием. Это особенно важно при монтаже узлов, присоединяемых к цилиндрам, необходимо, чтобы вес трубных узлов не вызывал смещения цилиндров или сдвига компрессора. Фланцы трубопроводов подгоняют к присоединительным фланцам цилиндров так, чтобы соединение производилось без натяга и не нарушалась точность центровки цилиндров. Во многом это зависит от правильной установки креплений и опор и достаточного их количества, что также необходимо для уменьшения вибраций трубопроводов при работе машины. Между металлическими деталями опор



и трубопроводами, где это предусмотрено, устанавливают деревянные колодки.

Собранный на месте участок трубопровода после сварки стыков, приварки фланцев и подгонки к соседним участкам разбирается и очищается от грязи, сварочного грата и окалины обстукиванием и прогонкой ершами. Расконсервации и очистке подвергают также и готовые трубные узлы. Гидравлические испытания узлов, собранных на месте, обычно проводят после сборки всего трубопровода.

Трубопроводы следует присоединять к аппаратам без натяга, что достигается тщательной пригонкой и приваркой фланцев и правильной установкой опор. Между присоединительными фланцами должен быть постоянный зазор по всей окружности, достаточный только для установки прокладки. Очищенные уплотнительные поверхности фланцев не должны иметь поперечных рисок и забоин. Мягкие прокладки перед установкой натирают с обеих сторон графитовым порошком для предохранения их от прилипания к уплотнительным поверхностям фланца. Прокладки устанавливаются концентрично отверстию фланца и не должны перекрывать его живого сечения. Фланцы с уплотнительными поверхностями типа выступ-впадина соединяют и закрепляют только после правильного их совмещения.

Необходимо ставить все болты и располагать гайки по одну сторону от фланцевого соединения. Затяжку производят стандартными ключами. Для увеличения усилия затяжки используют удлинители длиной до 0,5 м. Ударять по ключу не рекомендуется. Применяются также гайковерты со специальными насадками для навинчивания гаек и для затяжки. При мягких прокладках затяжку болтов или шпилек выполняют крест-накрест (рис. 70), при металлических — по кругу за три-четыре прохода. Для компенсации перекоса фланцев не допускается установка

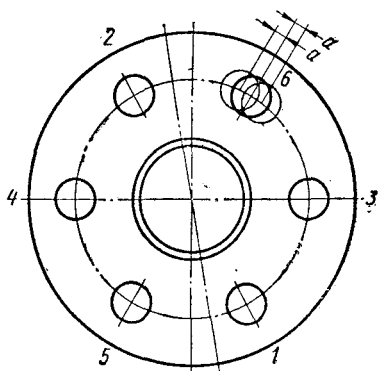


Рис. 70. Схема затяжки болтами фланцевого соединения (цифрами обозначена последовательность затяжки)

скошенных прокладок. Допускаемая непараллельность фланцев в соединении на каждые 100 мм диаметра трубопровода при давлениях до 16 кгс/см<sup>2</sup> составляет 0,2 мм, при давлениях от 16 до 50 кгс/см<sup>2</sup> — 0,1 мм, при давлениях свыше 50 кгс/см<sup>2</sup> — 0,05 мм. Смещение *a* осей отверстий фланца под болты при сборке соединения для болтов диаметром до 27 мм не должно превышать  $\pm 1$  мм, диаметром до 34 мм —  $\pm 1,5$  мм, диаметром до 41 мм —  $\pm 2$  мм.

При сборке фланцевых и муфтовых соединений трубопроводов высокого давления у всех деталей, входящих в комплект, проверяют наличие клейма, состояние резьбы, качество обработки и чистоту поверхности уплотнительных деталей и гнезд под них. Каждое фланцевое соединение должно комплектоваться шпильками одной партии. Перед сборкой линзы (сферические и конические) и гнезда под них протирают насухо, соединение выполняют без смазки. Фланцы навертывают на трубы так, чтобы длина выступающего конца трубы соответствовала указанной в чертеже или была равна 3—5 мм. Затяжку соединения следует производить тарированными или динамометрическими ключами, которые позволяют контролировать усилие затяжки. Параллельность фланцев при затяжке проверяют с помощью штангенциркуля или шупа.

При сборке трубопроводов высокого давления участки соединяют последовательно, для того чтобы правильно определить длину последующих прямых участков трубопроводов, на которых должна нарезаться резьба. При определении длины исходят из кратчайшего расстояния от соединительной детали уже законченного участка до места установки очередного соединения (например, отвода, фланца), учитывая правильное направление трубопровода относительно компрессора, аппаратов и стен здания. Учитывают также размеры линзы, затяжку резьбы и удлинение трубы при нагреве. Для ускорения работы трубы обрабатывают на станках, которые временно устанавливают в помещениях, примыкающих к монтажной площадке. Там же хранят трубы высокого давления. Организуется учет их механической обработки, фиксируемый в специальном журнале. При перерывах в работе с любыми трубопроводами свободные открытые концы труб следует закрывать деревянными и пластмассовыми заглушками.

**Ревизия и монтаж арматуры.** Перед выдачей на монтажную площадку арматуру проверяют на плотность и проч-

ность путем ревизии в условиях мастерской. Арматуру разбирают полностью или частично для выявления возможных повреждений деталей и уплотнения запорного устройства, а также для проверки состояния сальниковой набивки. При разборке прилегающие детали маркируют керном.

Плотность прилегания поверхностей запорного устройства проверяют по стиранию нанесенных на них карандашных рисок. Соприкасающиеся поверхности сжимают и поворачивают одну относительно другой 2—3 раза в обоих направлениях на 0,25 оборота. Выявленные неплотности устраняют при зазоре до 0,05 мм притиркой, при зазоре до 0,5 мм протачиванием на токарном станке и притиркой.

Для грубой притирки применяют шлифовальные порошки М28 и М20, для средней притирки М10 и М14 и для окончательной притирки М7. Доводку выполняют пастами ГОИ (см. с. 30) и непосредственной притиркой уплотняющих поверхностей одна о другую без порошков, с маслом или всухую. В качестве смазки для чугуна применяют керосин и машинное масло, для стали — машинное масло. В пасту ГОИ добавляют бензин. Разводят порошки или пасту очень густо, чтобы они не стекали с притираемых поверхностей. При грубой притирке давление на 1 см<sup>2</sup> поверхности не должно превышать 1,5 кгс, при средней притирке 1,0 кгс и при окончательной притирке и доводке 0,5 кгс.

Притирку запорных устройств вентиляей, обратных и предохранительных клапанов в условиях мастерской выполняют на станках и механизированных приспособлениях. Притирают непосредственно соприкасающиеся детали (клапан и седло, пробку и гнездо, плашку и направляющие) или отдельно каждую деталь специальными чугунами или абразивными притирами. В монтажных условиях притирка вентиляей и клапанов с условным проходом до  $D_y$  150 мм может выполняться вручную или с помощью электрической дрели. В качестве направляющей в крышках вентиляей устанавливают специальный сальник с отверстием, равным диаметру штока, на котором закреплен притираемый клапан. В кранах притирку допускают в том случае, когда опускание конической пробки не вызывает взаимного смещения отверстий корпуса и пробки.

При сборке арматуры тщательно устанавливают на место сальниковую набивку, уплотняющую шпindelь

в сальниковой коробке. Материал сальниковой набивки определяется условиями работы арматуры: для воздуха и газа применяют плетеный асбестовый шнур с нитями из медной проволоки, пропитанный антифрикционной массой, для воды — пеньковый шнур с жировой пропиткой, для масла — тот же шнур, но пропитанный графитом. Набивки применяют круглого или квадратного сечения с диаметром или соответственно стороной квадрата,

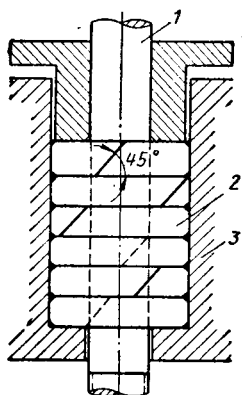


Рис. 71. Сальник арматуры с шнуровой набивкой:

1 — шпindelь; 2 — кольца набивки сальника  
3 — коробка сальника

равным 4—50 мм. Толщина набивки в 1,4—2 раза превышает диаметр уплотняемого шпинделя. Высота набивки в 4—8 раз больше ее диаметра или толщины. Набивку нарезают из шнура, делая срезы под углом  $45^\circ$  так, чтобы при замыкании получалось ровное кольцо без утолщений в стыке (рис. 71). Кольца 2 набивки укладывают в коробку 3 сальника так, чтобы смежные стыки были смещены на  $60^\circ$ . После укладки кольца уплотняют в сальнике с помощью сальниковой втулки и грундбуksы.

При ревизии иногда просверливают отверстия во фланцах арматуры, поступающей на площадку без отверстий под болты и без ответных фланцев. Сверлят по разметке или с помощью кондуктора, в качестве которого используют соединяемый фланец.

Всю арматуру после расконсервации и ревизии подвергают гидравлическому испытанию для проверки прочности корпуса при давлении, превышающем в 1,25 раза рабочее, и для проверки плотности запорного устройства при рабочем давлении. Испытание производится на стендах и реже — на площадке гидропрессом с установкой заглушек. Запорные устройства при испытании не должны пропускать воду. Появление росы, не переходящей в течь, по краям уплотнительных поверхностей не считается дефектом.

Пружинные предохранительные клапаны при испытании регулируют на давление, при котором они должны срабатывать. Это давление должно превышать номинальное давление нагнетания на следующую величину: при

давлениях до 3 кгс/см<sup>2</sup> на 0,5 кгс/см<sup>2</sup>, при давлениях от 3 до 60 кгс/см<sup>2</sup> на 15% и при давлениях выше 60 кгс/см<sup>2</sup> на 10%. Таким же образом регулируют и рычажные предохранительные клапаны в машинах старых марок. Груз закрепляют на рычаге стопорными болтами и отмечают его положение риской, чтобы восстановить в случае сдвига при транспортировании. Окончательно предохранительные клапаны регулируют при испытании компрессора под нагрузкой. Результаты гидравлического испытания арматуры отмечают в журнале, на корпусе арматуры ставят клеймо.

Перед монтажом арматуры проверяют соответствие типа, марки и условного давления указанных в чертежах, а также наличие клейма о прохождении ревизии и испытания. Монтаж арматуры для щитов управления выполняют в мастерской, где обычно собирают все трубопроводы, входящие в комплект щита, на его каркасе. На площадку щит подают в собранном виде после гидравлического испытания.

Арматуру на монтажной площадке хранят на деревянном настиле, рассортированной по типам и маркам, закрывая выходные отверстия деревянными заглушками. При такелаже арматуру стропы укрепляют на ее корпусе. Нельзя крепить стропы за штурвалы, рычаги и сальники, чтобы не повредить их при подъеме. Штурвалы во избежание поломки устанавливают на арматуру непосредственно перед испытанием. Место установки, а также пространственное положение арматуры указывается в чертеже. Необходимо следить за тем, чтобы был возможен подход к арматуре при обслуживании и ремонте, а также за тем, чтобы направление потока в трубопроводе совпало со стрелкой, помеченной на корпусе арматуры.

Вместо отсутствующей арматуры временно устанавливают соответствующие ей по размерам куски труб («катушки») с приваренными фланцами. Требования к операциям пригонки фланцев, установки уплотнительных прокладок и затяжки фланцевых соединений для арматуры те же, что и для трубопроводов. Более осторожно эти операции выполняют с чугуновой арматурой, чтобы не повредить корпус и фланцы. В арматуре высокого давления ревизии на монтажной площадке подвергают только присоединительные детали, проверяют состояние резьбы и гнезд под линзы, которые расконсервируются непосредственно перед установкой.

**Испытание трубопроводов.** По окончании монтажа трубопровод разбирают на участки. Трубы закрепляют на всех опорах, аппараты отключают, на открытых концах труб ставят на болтах металлические заглушки. Заглушки рекомендуется устанавливать при монтаже трубопровода, так как это позволяет избежать разборку и сборку стыков, в которые должны быть установлены заглушки, и более тщательно их подогнать. Заглушки должны иметь хвостовик для удобства их удаления. Закрывают также все бобышки и штуцера под приборы. В наинизших точках устанавливают арматуру для спуска воды, а в наивысших точках — арматуру для выпуска воздуха («воздушники»). Перед испытанием трубопроводы продувают сжатым воздухом, чтобы удалить ржавчину и грязь, трубы диаметром до 150 мм промывают водой. Трубопроводы испытывают до покрытия их изоляцией. В противном случае для контроля оставляют открытыми сваренные стыки.

Способ испытания смонтированного трубопровода на прочность и плотность (гидравлический — водой или пневматический — воздухом, инертным газом), а также рабочее и испытательное давление, при которых должны проводиться испытания, указываются в инструкции по монтажу. При рабочем давлении до  $5 \text{ кгс/см}^2$  испытательное давление превышает рабочее в 1,5 раза; испытательное давление не должно быть менее  $2 \text{ кгс/см}^2$ . При рабочем давлении свыше  $5 \text{ кгс/см}^2$  испытательное давление превышает рабочее в 1,25 раза, испытательное давление не должно быть менее  $3 \text{ кгс/см}^2$ . Под испытательным давлением трубы при гидравлическом испытании на прочность выдерживают в течение 5 мин, затем давление снижают до рабочего, при котором трубопровод испытывают на плотность, и одновременно осматривают его. При осмотре стальных трубопроводов сварные швы с обеих сторон обстукивают молотком (массой до 1,5 кг). Вода в трубопровод подается от водопровода или насосом до полного вытеснения воздуха. Давление создается гидравлическим прессом приводным и для небольших систем — ручным.

Гидравлическое испытание трубопроводов сверхвысокого давления ( $1500\text{—}2500 \text{ кгс/см}^2$ ) выполняется маслом с пониженной вязкостью.

Трубопровод считается выдержавшим испытание, если давление в нем по манометру не падает, а в сварных швах

и фланцевых соединениях нет течи. Для исправления дефектов давление в трубопроводе снижается полностью. Затем испытание повторяют до получения удовлетворительных результатов.

При пневматическом испытании давление в трубопроводе при помощи воздушного компрессора поднимают постепенно. Трубопровод осматривают при давлениях, составляющих 0,3 и 0,6 от испытательного, когда рабочее давление более 2 кгс/см<sup>2</sup>, и при давлении, составляющем 0,6 от испытательного, когда рабочее давление менее 2 кгс/см<sup>2</sup>. Испытательное давление выдерживают в течение 5 мин, после чего давление воздуха снижают до рабочего.

Трубопроводы для взрывоопасных и воспламеняющихся газов, а также холодильных установок испытывают пневматически на плотность при рабочем давлении с определением падения давления по времени. Длительность испытания на плотность 12 или 24 ч (график испытания устанавливается техническими условиями). За этот период подсчитывают величину утечки воздуха (в процентах) с учетом изменения давления и температуры в начале и конце испытания. Допускаемые потери давления за период испытания для ядовитых веществ до 1%, для остальных газов до 2% от рабочего давления. При пневматическом испытании проверяют плотность сварных швов и фланцевых соединений, покрывая их мыльной эмульсией, на которой в случае пропуска воздуха появляются пузырьки. В воздух иногда добавляют небольшое количество фреона. Пропуски в этом случае обнаруживают с помощью газоанализаторов-течеискателей.

По окончании гидравлического испытания воду из трубопровода спускают при открытых воздушниках и трубопровод продувают воздухом для удаления остатков воды. Вентили и задвижки при продувке полностью открывают. В зимний период при проведении гидравлического испытания необходимо следить за тем, чтобы не произошло размораживания труб и арматуры. При гидравлическом и, особенно, пневматическом испытании принимают меры, обеспечивающие безопасность персонала.

Результаты испытаний заносят в журнал и оформляют специальным актом. Подготовка к работе трубопроводов системы смазки компрессора описана на с. 165.

## МОНТАЖ СИСТЕМЫ СМАЗКИ

Компрессоры обычно снабжаются двумя системами смазки. Их назначение — подача масла к трущимся деталям механизма движения и к деталям поршневой группы компрессора, работающим в различных условиях (по температуре и давлению), для уменьшения трения, нагрева и износа этих деталей. С помощью циркуляционной системы смазки масло подается к подшипникам коленчатого вала, к шатунным и крейцкопфным подшипникам, с помощью прессовой лубрикаторной системы смазки масло подается к цилиндрам, поршням, штокам и сальникам.

В газовых компрессорах, сальники которых имеют устройство для отсоса газа, применяется отдельная система смазки для промывки сальников. Ее назначение — создание гидравлического затвора между камерой сальника, соединенной с устройством для отсоса газа и окружающей средой, при этом увеличивается герметичность сальника. Отдельно смазываются редукторы агрегатов смазки, приводимые от электродвигателя, а в крупных компрессорах — редуктор механизма поворота коленчатого вала и выносной подшипник электродвигателя.

Циркуляционная система работает на машинных маслах под избыточным давлением 2—4 кгс/см<sup>2</sup>, лубрикаторная система смазки и система промывки сальников работают на цилиндрических маслах или их смесях, подаваемых с давлением, превышающим давление газа в цилиндре или сальнике и имеющих достаточно высокую температуру вспышки. Редукторы приводов агрегата смазки и механизма поворота коленчатого вала работают на машинных маслах. Основное требование к монтажу систем смазки — создание герметичности маслопроводов и связанных с ними аппаратов и тщательность сборки агрегатов смазки — шестеренчатого насоса или лубрикатора.

**Циркуляционная система смазки** включает следующие основные узлы: шестеренчатый масляный насос с электродвигателем и фильтрами, сборник масла, холодильник, перепускной клапан маслопровода. При ревизии масляный насос (рис. 72) разбирают, все детали промывают в керосине, вытирают насухо и проверяют их взаимную пригонку. Прилегание крышки 4 к корпусу 1 и торцам шестерен 2 проверяют по краске при снятой уплотняющей прокладке 3. При сборке следят за чистотой отверстий,



по которым масло подается к цапфам шестерен для смазки и уплотнения, а также за чистотой каналов для слива масла в камеру всасывания. Далее регулируют за счет прокладки зазор  $a$  между шестернями 2 и крышкой 4 насоса. Прокладка 3 из промасленной плотной бумаги должна обеспечить зазор 0,08—0,1 мм для насосов производительностью 25—120 л/мин и зазор до 0,15 мм для насосов производительностью 120—150 л/мин. Шестерни 2 должны вращаться от руки легко и плавно без осевого

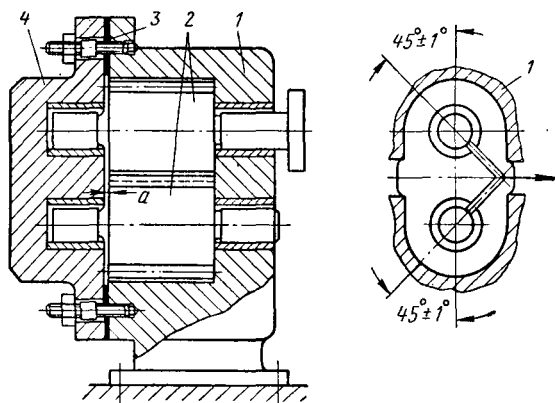


Рис. 72. Шестеренчатый масляный насос:

1 — корпус; 2 — шестерня; 3 — прокладка; 4 — крышка

люфта. По краске проверяют также зацепление шестерен самого масляного насоса и его привода при установке его в сборе на место. Полнота зацепления ведущей (на коленчатом валу) и ведомой (насоса) шестерен достигается изменением положения корпуса насоса по высоте, которое фиксируется двумя контрольными штифтами.

В шестеренчатом масляном насосе должны быть выдержаны следующие зазоры: между вершиной зуба и корпусом 0,1—0,2 мм, между зубьями шестерен 0,1—0,2 мм и между шейками цапфы шестерен и втулками (в зависимости от диаметра) 0,05—0,1 мм. Зазоры измеряют с помощью щупа и оттисков. При увеличении зазоров производительность насоса снижается.

Каждый насос снабжается перепускным клапаном, в котором после разборки и промывки проверяют прилегание клапана к седлу (по краске), подвижность пружины относительно направляющего стержня и возможность сво-

бодного сжатия пружины с помощью регулировочного болта.

Шестеренчатый насос, приводимый от коленчатого вала, устанавливают на место после сборки компрессора, а насос с индивидуальным приводом — после сборки цилиндров и механизма движения. Для крупных компрессоров вся маслостанция системы циркуляционной смазки устанавливается в подвале и монтировать ее можно независимо от компрессора, начиная с установки маслосборника, маслонасоса с приводом и других агрегатов. Агрегат циркуляционной смазки, имеющий общий привод с лубрикатором и общую раму или плиту, устанавливают на фундаменте на пакетах плоских подкладок. Анкерные болты опускают в колодцы и подвешивают к плите или раме с помощью накрученных гаек. После выверки по уровню подкладки прихватывают электросваркой, плиту или раму с анкерными болтами подливают бетоном. После выдержки подливки и обтяжки болтов проверяют центровку валов насоса и электродвигателя по полумуфтам с помощью центровочного приспособления (см. с. 97) или металлической линейки и щупа.

Для центровки по линейке затягивают болты, крепящие насос и электродвигатель на плите. Далее полумуфты соединяют одним пальцем и поворачивают совместно на один оборот. Линейку прикладывают ребром к ободам полумуфт параллельно их оси в одном и том же месте после каждого поворота. Линейка должна прилегать к ободам полумуфт плотно без просвета. Равномерный просвет между ребром линейки и ободом одной из полумуфт указывает на параллельное смещение осей валов. Просвет измеряют щупом и смещают один из спариваемых агрегатов по горизонтали или вертикали так, чтобы полностью устранить этот просвет.

Одновременно проверяют щупом зазор между торцами полумуфт. Неодинаковый зазор, измеренный между торцами полумуфт, или неравномерный зазор, измеренный по ободу одной из них, указывает на излом оси, который устраняют установкой прокладок под лапы присоединяемого агрегата. Допускаемые величины смещения и излома валов приведены на с. 99.

Параллельно с шестеренчатым приводным насосом к системе подключают ручной насос для прокачки масла до пуска компрессоров, у которых основной насос приводится через коленчатый вал, и циркуляция масла в си-

стеме начинается только при работе компрессора. Ручной насос может быть шестеренчатым или лопастным с двумя обратными клапанами на всасывающем и нагнетательном маслопроводах.

До установки на место корпус маслосборника проверяют на плотность сварных швов, выдерживая в нем воду в течение 1 ч. Если дефектов не обнаружено, то корпус освобождают от воды и тщательно просушивают. При на-

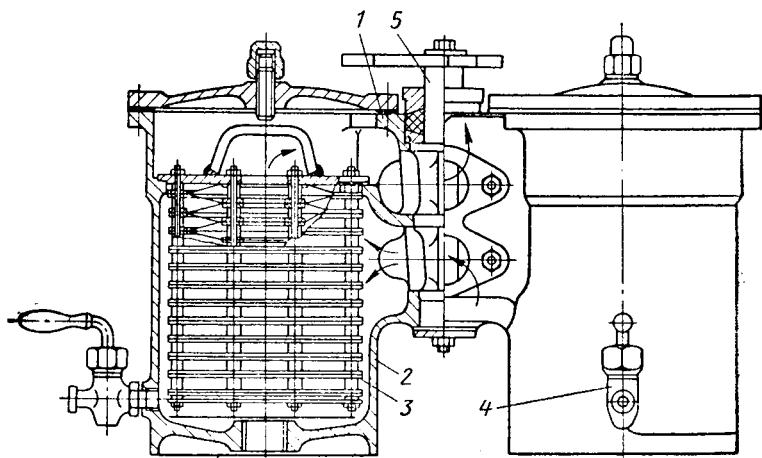


Рис. 73. Щелевой фильтр для грубой очистки масла:

1 — прокладка; 2 — корпус; 3 — фильтрующий элемент; 4 — спускной клапан; 5 — пробковый кран

личии в сборнике трубчатого змеевика для подогрева или охлаждения масла его гидравлически испытывают при избыточном давлении 5 кгс/см<sup>2</sup>.

Для очистки масла от механических примесей и частиц закоксованного масла в системе циркуляционной смазки применяются фильтры для грубой очистки двух- или четырехсекционные (рис. 73) и фильтры для тонкой очистки (рис. 74) или центробежные очистители масла. Фильтры грубой очистки подключают последовательно, а фильтры тонкой очистки и центробежные очистители масла — параллельно. Через последние пропускают до 15% масла, циркулирующего в системе, которое потом направляется для смазки наиболее ответственных узлов и поступает непосредственно в картер. Фильтры полностью разбирают; корпуса испытывают гидравлически на плотность при давлении 5 кгс/см<sup>2</sup>.

В сетчатых фильтрах для грубой очистки фильтрующие сетки, в которых не должно быть прорывов или забитых отверстий, промывают керосином и продувают сжатым воздухом. Небольшие прорывы длиной до 5 мм паяют оловом. Для замены подбирают латунные сетки с числом отверстий не менее 625 на 1 см<sup>2</sup>. При сборке сеток необходимо проверить, чтобы зазоры в местах соединения колец, к которым припаяны сетки, и зазоры между скрепляющими шпильками не превышали 0,1 мм. Щелевые фильтры грубой очистки (см. рис. 73) промывают керосином без разборки всех элементов. Зазор между пластинами должен быть не более 0,5 мм. В фильтрах для тонкой очистки (рис. 74) проверяют степень очистки внутреннего сетчатого цилиндрического корпуса, а также плотность укладки в него фильтрующей набивки из хлопчатобумажной ткани.

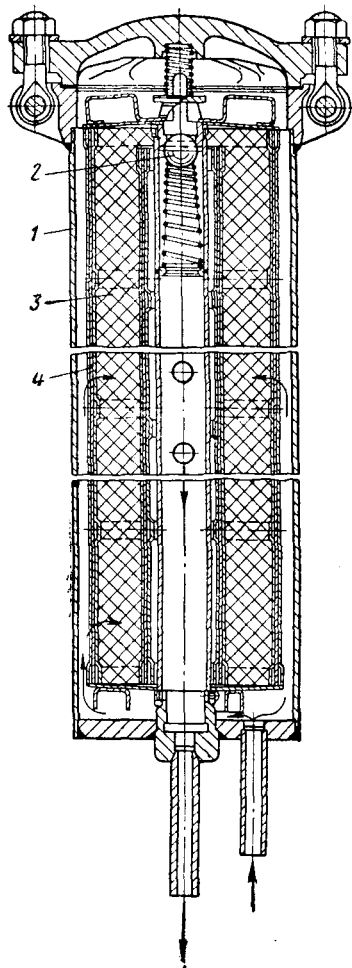


Рис. 74. Фильтр для тонкой очистки масла:

1 — корпус; 2 — клапан; 3 — фильтрующая набивка; 4 — сетка

карандашных штрихов. Плотность крана проверяют давлением, создаваемым отдельно в первой и второй секциях при гидравлическом испытании их корпусов. Масляные фильтры устанавливают вместе со сборником масла и

иногда размещают в одной из его внутренних полостей. Кожухотрубчатые масляные холодильники с движением воды по трубкам и масла в межтрубчатом пространстве испытывают гидравлически при давлении 5 кгс/см<sup>2</sup> (раздельно трубное и межтрубное пространства). При проверке межтрубного пространства снимают крышки или соединительные калачи для обнаружения течей в местах развальцовки трубок в трубных решетках. При наличии течей трубки дополнительно вальцуют после сброса давления. После гидроиспытания межтрубное пространство продувают сжатым воздухом для удаления влаги.

Масляный холодильник устанавливают непосредственно на фундаменте или крепят к стене. Сверяют расположение отверстий в плите или опорном фланце холодильника с анкерными колодцами на фундаменте. При отсутствии колодцев делают разметку для пробивки отверстий. Далее бетонируют анкерные болты, после затвердевания бетона устанавливают и закрепляют холодильник гайками. Все уплотнения запорной арматуры проверяют на карандаш и испытывают гидравлически.

Маслопроводы обычно изготавливают по месту после сборки компрессора и установки агрегата смазки, сборника масла, фильтров и масляного холодильника. Трубы должны плотно прилегать к фундаменту и корпусу компрессора, так как в изгибах впоследствии могут возникнуть воздушные мешки. Для уменьшения сопротивления проходу масла радиус изгиба труб, а также готовых отводов должен не менее чем в 2 раза превышать наружный диаметр трубы. Сливные трубы прокладывают с уклоном 20 мм на 1 м длины в сторону сборника масла. Напорные трубы прокладывают без уклонов. Фланцевые соединения подгоняют так, чтобы после установки прокладки и затяжки болтов не возникало перекосов и излишнего натяга.

После изготовления и сборки маслопроводы разбирают для очистки от ржавчины, сварочного грата и грязи.

Отдельные трубы маслопровода перед очисткой маркируют. Очищают трубы пескоструйным способом или обстукивая трубы легкими ударами молотка с последующей прогонкой проволочными ершами.

Далее трубы травят в течение 24 ч 10%-ным раствором соляной кислоты при 25—30° С до полного удаления ржавчины и появления металлического блеска. Изготавливают три ванны, которые должны соответствовать по габарит-

ным размерам наибольшему неразъемному участку маслопровода и вмещать одновременно весь комплект маслопровода. Одну ванну наполняют травящим раствором. Для предохранения поверхности труб от разъедания кислотой добавляют ингибиторную присадку или поваренную соль в количестве соответственно 2,5—3 кг или 5 кг на 1 м<sup>3</sup> раствора. Во второй ванне трубы подвергают нейтрализации 5%-ными растворами каустической или кальцинированной соды в течение соответственно 1—1,5 ч или 2—3 ч. В третьей ванне трубы промывают в проточной воде в течение 1,5—2 ч.

Протравленные трубы просушивают воздухом и, чтобы предохранить от окисления, смазывают маслом. Трубы следует травить в очищенном помещении после окончания всех строительных работ при подготовке машины к пуску, чтобы избежать загрязнения маслопровода при вторичной сборке. При вынужденном хранении очищенного маслопровода до сборки отверстия труб закрывают деревянными пробками.

Эффективно травление труб 25%-ной ортофосфорной кислотой, которая хорошо удаляет следы коррозии и различные наслоения, создает оксидную пленку, предохраняющую от дальнейшей коррозии, и менее опасна, чем другие кислоты. Из демонтированных труб собирают замкнутый контур, в котором создают циркуляцию ортофосфорной кислоты центробежным кислотоупорным насосом. При травлении этой кислотой трубы выдерживают в ванне 2 ч, затем промывают в водяной ванне и осушают воздухом.

При сборке фланцевые соединения уплотняют прокладками толщиной 0,5—1 мм из плотного картона, прессишпана или фибры. Прокладку смазывают смесью масла с графитовым порошком или бакелитовым лаком. Резьбовые соединения перед установкой и затяжкой смазывают шеллаком или бакелитовым лаком.

После сборки всю систему циркуляционной смазки гидравлически испытывают на рабочее давление рабочим маслом, подаваемым от шестеренчатого масляного насоса. Выявленные дефекты устраняют. Проверяют проходимость сливных труб и отверстий в поддоне рамы, так как при недостаточном их сечении масло будет переливаться через борт и попадать на фундамент. Иногда при пуске компрессора в связи с переполнением поддона приходится увеличивать сечение сливных труб. Устанавли-

вают приборы, контролирующие давление масла, сигнализирующие и отключающие электродвигатель при падении давления ниже нормального.

**Система лубрикаторной или прессовой смазки** состоит из лубрикатора (многоплунжерного смазочного насоса), маслопроводов высокого давления, обратных клапанов по числу точек смазки. Лубрикатор (рис. 75) имеет чугунный корпус (резервуар), в котором смонтирована нагнетательная часть, состоящая из насосных секций 5 для каждой точки подачи смазки. Плунжер 8 и золотник 7 каждой секции получают движение вверх и вниз от профилированных дисков 10. Диски сидят на вертикальном валу 11, который закреплен в плите, объединяющей нагнетательную часть. Вертикальный вал 11 связан с приводным валом 13 винтовой зубчатой парой 14, в горизонтальной шестерне которой имеются крестообразные соединительные пазы. Приводной вал установлен на подшипниках в корпусе 1. От каждой секции выводятся две трубки 6, присоединяемые к штуцерам 12 на крышке. К одному штуцеру подсоединяется маслопровод, к другому — изогнутая трубка, по которой масло подводится к смотровому стеклу 4. Из трубки масло возвращается в резервуар корпуса.

Обычно лубрикатор получают в сборе испытанным и разборке не подвергают. Его промывают керосином, продувают сжатым воздухом, заполняют маслом и прокачивают вручную для промывки внутренних трубок и штуцеров. Затем проверяют вращение приводного вала и свободное перемещение деталей всего механизма подачи смазки.

Лубрикатор монтируется на одной плите с шестеренчатым масляным насосом или отдельно и приводится в действие от общего электродвигателя через редуктор. В некоторых компрессорах лубрикатор устанавливается на раме машины и приводится через кривошипную шайбу на торце коренного вала.

При установке лубрикатора на плите проверяют центровку валов электродвигателя и редуктора по ободам полумуфт линейкой или центровочным приспособлением, а также центровку валов редуктора и лубрикатора. Эту операцию проводят одновременно с центровкой масляного насоса. Положение агрегатов при центровке регулируют прокладками между опорами их корпусов и плитой.

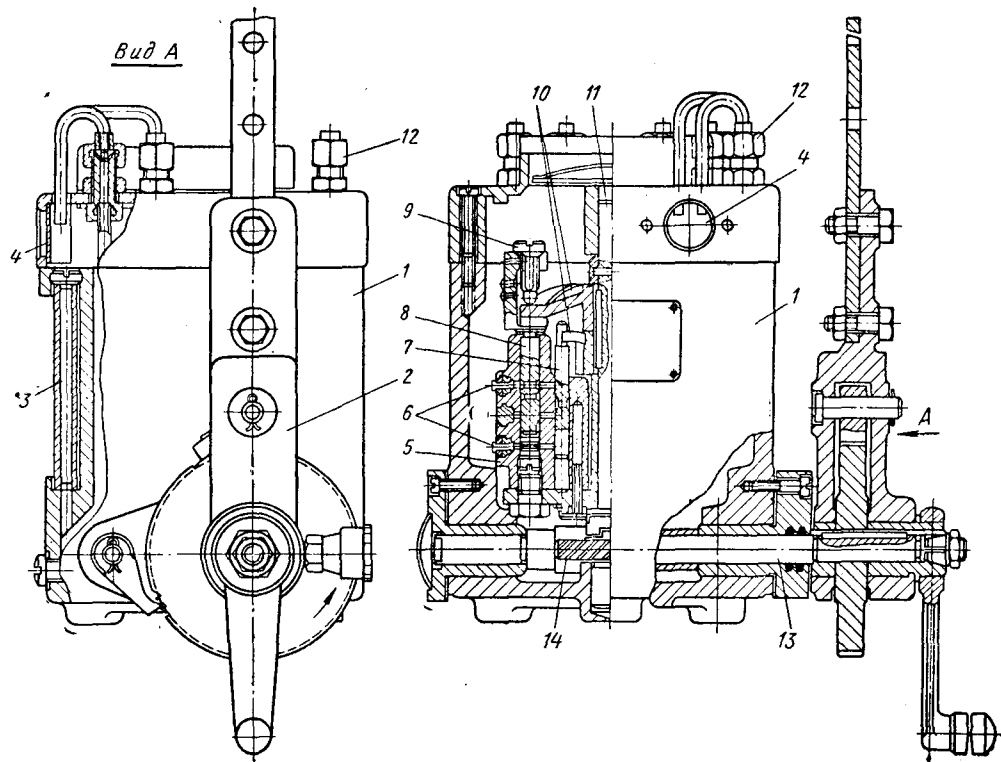


Рис. 75. Лубрикатор:

1 — корпус; 2 — храповой механизм; 3 — указатель уровня; 4 — смотровое стекло; 5 — насосная секция; 6 — трубки; 7 — золотник; 8 — плунжер; 9 — регулировочный винт; 10 — профилированные диски; 11 — вертикальный вал; 12 — штуцер; 13 — приводной вал; 14 — винтовая зубчатая пара



При установке лубрикатора на раме компрессора тяга привода должна свободно соединяться с кривошипом без перекоса и заедания. Между хомутом привода и шайбой эксцентрика устанавливается зазор 0,05—0,08 мм. Зазор регулируют установкой прокладок в разьеме хомута или подгонкой его втулки (при неразъемном хомуте). При соединении эксцентрика с хомутом отверстие для смазки хомута должно быть направлено вверх.

При работе лубрикатора количество подаваемого масла регулируется изменением хода каждого плунжера 8 за счет изменения зазора между профилированным диском плунжера и регулировочным винтом 9. Зазор увеличивается или уменьшается за счет изменения длины выступающей части винта, упирающегося в диск. Подача масла и производительность лубрикатора будут максимальными при полностью ввернутых винтах и минимальными (равными нулю) при вывернутых винтах. После регулировки подачи каждого плунжера следует проверить свободное вращение приводного вала. Размер лубрикатора, т. е. количество плунжеров в одном агрегате (4—8 шт.), подбирается по числу точек компрессора, подлежащих смазке.

Линии маслопроводов лубрикаторной смазки прокладывают так, чтобы они плотно примыкали к раме и цилиндрам и располагались в ряду параллельно, крепят линии скобами на винтах. Предварительно трубки очищают и просушивают. Перед установкой трубы изнутри смазывают маслом.

Каждую линию после монтажа отдельно гидравлически испытывают маслом. Линию отсоединяют от смазываемой точки цилиндра с запорным устройством и, приводя в действие лубрикатор, поднимают давление на линии до заданного. Испытательное давление в 1,25 раза превышает рабочее, утечка и подтеки не допускаются.

Обратные клапаны проверяют на плотность при рабочем давлении. Клапаны подсоединяют к линии так, чтобы давление было направлено в сторону, противоположную движению масла при работе. Если клапаны не выдерживают испытание, то в шариковых клапанах протачивают седла и притирают их шарообразным чугунным притиром, а в игольчатых клапанах — притирают седло и клапан. Иногда устанавливают два клапана последовательно один за другим.

Система промывки сальников состоит из шестеренчатого масляного насоса с электроприводом, фильтра,

сборника масла, холодильника масла и газоотделителя. Порядок подготовки и монтажа этой системы тот же, что и системы циркуляционной смазки. Систему испытывают при давлении 1,5—2 кгс/см<sup>2</sup>.

Редукторы привода агрегатов смазки и устройства поворота вала и выносного подшипника электродвигателя смазываются за счет масляной ванны, которая создается при заполнении корпуса маслом до уровня, отмеченного по маслоуказательному стеклу. При монтаже корпуса редуктора и выносного подшипника их детали привода тщательно промывают керосином. Продувают воздухом отверстие для установки указателя уровня масла, штуцер которого должен иметь уплотнительную прокладку. Проверяют также уплотнение стекла в обойме или рамке.

### **МОНТАЖ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ**

Система охлаждения компрессора служит для отвода тепла от деталей и узлов, нагреваемых при работе (цилиндры, крышки цилиндров, сальники и др.), для охлаждения масла, циркулирующего в системе (холодильники масла), и охлаждения воздуха или газа, сжимаемого в ступенях компрессора (концевые и промежуточные холодильники). В зависимости от мощности компрессора и имеющихся источников водоснабжения применяются прямоточная или циркуляционная системы охлаждения. В первом случае вода подается из водоема центробежным насосом или непосредственно из водопровода, отработанная вода сбрасывается. В циркуляционной системе (рис. 76) нагретая вода после компрессора 4 поступает на градирню 1 или брызгальный бассейн, охлаждается и центробежным насосом 2 вновь подается в систему.

Основное требование к монтажу системы охлаждения — обеспечение герметичности трубопроводов, нормальных уклонов для полного стока воды и удобного расположения контрольных воронок в разрывах труб, по которым проверяют циркуляцию воды в отдельных охлаждающих линиях.

Коллекторы и наружные магистрали обычно поступают в виде подготовленных узлов, поэтому на месте выполняется только их сборка с применением электросварки.

Водяные линии охлаждения компрессора и межступенчатой аппаратуры приходится выполнять по шаблонам в связи с большим количеством изгибов, необходимых для

того, чтобы трубы плотно примыкали к фундаменту и корпусу. Трубы диаметром более 75 мм соединяют электросваркой. Трубы диаметром менее 75 мм при толщине стенки до 3 мм — газосваркой. При сборке резьбовые соединения уплотняют нитями чесаного льна или шнурового асбеста, смоченными в разведенном сурике, а фланцевые соединения — паронитовыми, резиновыми или картонными прокладками толщиной 2—3 мм.

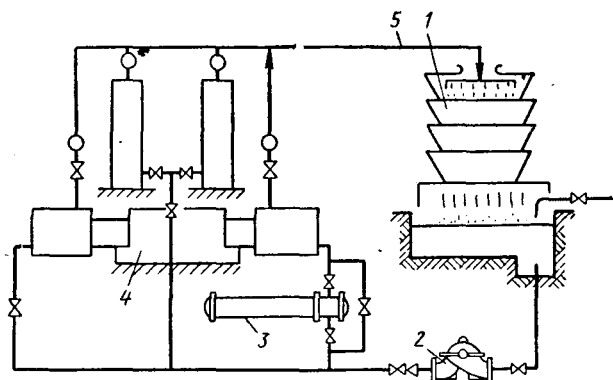


Рис. 76. Схема циркуляционной системы охлаждения компрессора:

1 — градирня; 2 — центробежный насос; 3 — холодильник масла; 4 — компрессор; 5 — сливной трубопровод

Водяные линии подводятся к узлам компрессора или холодильника таким образом, чтобы холодная вода поступала в охлаждающую рубашку снизу, а горячая отработанная вода отводилась сверху. Для контроля за циркуляцией воды на вертикальных участках отводящих труб делают разрыв и нижнюю трубу снабжают воронкой. Это дает возможность наблюдать за непрерывностью и силой струи. В крупных компрессорах водяные линии для удобства сводят в одно место и контрольная струя сливается в воронку общей трубы.

Перед гидравлическим испытанием трубопроводы промывают водой. Напорные линии испытывают рабочим давлением, для сливных линий ограничиваются наливом воды и проверкой герметичности швов и соединений. Система охлаждения компрессора работает нормально при давлении 3—4 кгс/см<sup>2</sup>. При гидравлическом испытании проверяют плотность полостей рубашек охлаждаемых

узлов компрессоров, которые обычно поступают с завода уже испытанными. Иногда испытание проводят до сборки, если такое указание имеется в инструкции. Течи и подтеки на чугунных поверхностях устраняют чеканкой, тампониowaniem жидким стеклом, металлизацией, пайкой и реже — газовой сваркой.

В компрессорах, где сечение водяных рубашек цилиндров невелико, во избежание отложения на стенках различных осадков в циркуляционной системе охлаждения используют химически чистую воду. Для подготовки такой воды в отдельном помещении устанавливают специальное оборудование, в котором вода химически обрабатывается и фильтруется. В небольших компрессорах конструктивно предусматривается воздушное охлаждение цилиндров. Порядок монтажа, соединения трубопроводами и испытания водяных полостей холодильников см. на с. 141.

Центробежные насосы, обеспечивающие циркуляцию воды в системе, устанавливают обычно за пределами машинного зала, в насосных отделениях. Допускаемое отклонение от горизонтальности агрегата насос-электродвигатель 0,1 мм на 1 м. Допускаемые отклонения при центровке валов для жестких муфт — по смещению осей 0,05 мм, по излому осей 0,1 мм на 1 м, для упругих муфт — по смещению осей 0,08 мм, по излому осей 0,12 мм на 1 м. Центробежный насос располагают так, чтобы он был заполнен водой или имел устройство для заливки водой перед пуском.

В крупных компрессорах водяные линии подводят также к электродвигателю — к его подшипникам и к воздухоохладителю. От последнего охлажденный воздух вентилятором подается на обдув катушек ротора и статора для уменьшения их нагрева. Для компрессоров, работающих на взрывоопасных газах, обдув выполняется и для того, чтобы создать в корпусе электродвигателя избыточное давление 35—40 мм вод. ст. и исключить этим возможность попадания газа к щеткам и контактными кольцам, где возможно образование искры.

В электродвигателях с обдувом вентиляционную камеру фундамента штукатурят и окрашивают масляной краской. Двери и настил герметизируют, щиты, закрывающие статор, ставят на резиновых прокладках. В местах прохода ротора через щиты закрепляют сальники с резиновыми уплотнениями. Система обдува электродвигателя, включающая вентилятор и охладитель воздуха соото-

вого типа, соединяется металлическими коробами или тонкостенными трубами с прокладками из асбеста или резины. Систему испытывают воздухом, который подается вентилятором под давлением. Избыточное давление измеряется с помощью дифференциального манометра.

## МОНТАЖ ВСАСЫВАЮЩИХ ФИЛЬТРОВ

Для уменьшения износа рабочих поверхностей цилиндров, втулок и клапанов компрессора от воздействия механических примесей и пыли, попадающих вместе с газом, на всасывающем трубопроводе устанавливают специальные фильтры. Конструкция и расположение фильтров обычно указываются в проекте.

В воздушных компрессорах воздух проходит через камеру всасывающих фильтров (рис. 77), которую располагают на теневой стороне здания вдали от источников загрязнения воздуха механическими примесями, газами и влагой. Помещение камеры оштукатуривают, окрашивают масляной краской или обивают кровельным железом, двери герметически уплотняют. Наружный, расположенный вне здания воздухозаборник, должен быть на высоте не менее 3 м от уровня пола камеры.

Применяются фильтры коробчатые сотового типа или сетчатые, имеющие механический привод. В коробчатом фильтре каркас с двух сторон обтягивается сеткой. Промежуток между сетками заполняется кольцами Рашига.

К коробчатым относятся также висциновые фильтры, которые состоят из ряда кассет (ящичков) с сетчатым дном, заполненных обрезками стальных или латунных трубок диаметром и высотой по 10 мм или крупной металлической стружкой, толщина слоя 60—80 мм при равномерной и плотной укладке между сетками. Необходимо учитывать, что фильтр должен обеспечивать хорошую очистку при больших скоростях всасывания (0,5—0,9 м/с), обладать

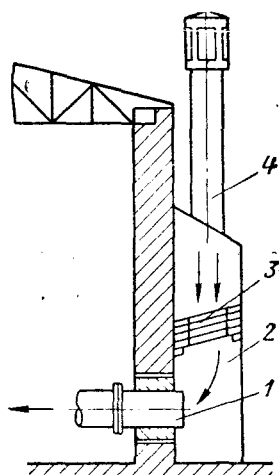


Рис. 77. Схема камеры всасывающего фильтра:

- 1 — всасывающий трубопровод;
- 2 — камера фильтров;
- 3 — фильтр;
- 4 — заборник

небольшим сопротивлением (до 20—25 мм вод. ст.) и иметь доступ для промывки и замены фильтрующих элементов. Размеры рамы кассеты (ящика) фильтра: длина 600 мм, ширина 660 мм, высота примерно 100 мм. Для компрессоров производительностью до 40 м<sup>3</sup>/мин две-три фильтровальные кассеты помещают в общий металлический корпус, имеющий патрубки для входа и выхода воздуха. Этот корпус присоединяют к всасывающему трубопроводу и иногда устанавливают без специального помещения. При монтаже фильтровальные кассеты плотно подгоняют к направляющим корпуса, чтобы воздух не шел мимо фильтровального элемента.

Для компрессоров большой производительности необходимое количество фильтров  $Z$  определяют (см. рис. 77) из расчета 0,6—1 м<sup>2</sup> их поверхности на каждые 1000 м<sup>3</sup>/ч всасываемого воздуха. Устанавливают фильтры в металлический каркас, заармированный в стенах камеры 2. Каждую кассету подгоняют к направляющей корпуса так, чтобы ее можно было свободно вынимать для очистки, и в то же время воздух не проходил мимо фильтра.

Для улавливания взвешенных в газе механических частиц набивку фильтра (кольца Рашига или стружку) смазывают висциновым маслом, представляющим смесь масла цилиндрического (или индустриального 12) с соляровым в соотношении 3 : 2. Кассеты очищают встряхиванием или обдувкой с последующей промывкой в содовом растворе 0,5 кг соды на 10 л воды, подогретом до 80° С. После просушки в теплом помещении кассеты опускают в ванну, заполненную висциновым маслом, а затем устанавливают на раме так, чтобы излишнее масло с них стекло.

Фильтр с подвижной сеткой устанавливают в вертикальном проеме камеры, в котором бетонируется рама каркаса. Корпус фильтра должен плотно примыкать к раме, для уплотнения ставят резиновые прокладки из полосы шириной 30—40 мм и толщиной 3—4 мм. Вертикальность корпуса выверяют отвесами, опущенными по концам верхнего вала, и горизонтальность — уровнем, установленным на натяжной нижний вал; Для установки сетки, представляющей собой замкнутое полотно, оба вала снимают. Полотно сетки натягивают путем смещения подшипников нижнего вала, который расположен в ванне, заполняемой висциновым маслом.

Сетка приводится в движение от электродвигателя через редуктор и цепную передачу. Агрегат электродвигатель—

редуктор после центровки и закрепления на раме выверяют относительно ведомой звездочки на верхнем валу по отвесу. В больших фильтрах ставят двойной привод с обоих концов вала. Цепь привода надевают на звездочки после подливки редуктора и затвердевания бетона.

Подшипники верхнего вала и цепную передачу смазывают периодически солидолом, редуктор имеет для смазки масляную ванну. Всасывающий трубопровод 1 (см. рис. 77) должен заходить в камеру 2 фильтров на 50—100 мм. Зазор между трубопроводом и патроном, закрепленным в стене, тщательно уплотняют шнуровым асбестом и шпаклюют со стороны машинного зала. Трубопровод тщательно очищают и испытывают водой (наливом или избыточным давлением 1—2 кгс/см<sup>2</sup>) или воздухом. Работу фильтра контролируют по перепаду давления воздуха до и после камеры фильтров подключением дифференциального манометра к соответствующим полостям.

Для воздушных компрессоров производительностью до 10 м<sup>3</sup>/мин допускается забор воздуха непосредственно из помещения компрессорной станции. Каждая машина снабжается отдельным воздушным фильтром.

## **МОНТАЖ ЩИТОВ УПРАВЛЕНИЯ И ПРИБОРОВ**

Каждый стационарный компрессор комплектуется щитом управления, на котором сосредоточены вся основная арматура и контрольно-измерительные приборы, с помощью которых производят пуск, останов компрессора и регулирование работы отдельных его ступеней. Щиты управления поступают на площадку в сборе и их монтаж заключается в правильном расположении относительно компрессора и стен здания (согласно проекту), проверке горизонтальности каркаса и обеспечении удобного подхода к штурвалам и маховикам арматуры.

Щиты устанавливают и закрепляют на анкерных болтах, бетонируемых в фундаменте или полу около компрессора. После присоединения основных технологических трубопроводов щиты подвергаются совместно с ними гидравлическому испытанию. При сборке щита на месте соблюдают все требования, указанные в разделе «Монтаж трубопроводов и арматуры». Вся арматура проходит ревизию и необходимую притирку.

Монтаж контрольно-измерительных приборов обычно проводят специализированные организации. В процессе

монтажа трубопроводов компрессора по указанию этой организации врезают бобышки для гильз, в которые устанавливают термометры или датчики приборов (термометров, манометров или предельных реле), монтируемых на центральном щите. Врезанные бобышки до установки приборов заглушают пробками, чтобы не допустить загрязнение трубопроводов. Для дифференциальных манометров и расходомеров врезают с соединением на фланцах измерительные диафрагмы. Иногда, чтобы не задерживать монтаж, вместо диафрагм в трубопровод заранее врезают таких же размеров куски труб с фланцами («катушки») с последующей заменой их при монтаже приборов.

При врезке бобышек для гильз следует обеспечивать удобство подхода к ним при установке приборов. Концы гильз, вставляемых в трубы диаметром до 100 мм, не должны выходить за ось трубы. Щит приборов обычно совмещают со щитом управления или располагают их так, чтобы, проводя все операции, можно было наблюдать за работой компрессора.

Трубопроводы, на которых устанавливают манометры для давлений до  $25 \text{ кгс/см}^2$ , снабжают трехходовым краном, необходимым для отключения манометра при его смене, продувки трубопровода или для установки второго контрольного манометра. При давлениях выше  $25 \text{ кгс/см}^2$  допускается устройство на трубопроводе отдельного штуцера с запорным устройством. Качество притирки пробки проверяют на стирание карандашных штрихов, направление отверстий в пробке отмечают рисками на ее торце. Трубопроводы манометровой разводки и продувки располагают так, чтобы они плотно примыкали к фундаменту и к каркасу щита. После подгонки и закрепления каждой трубки, во избежание их повреждения при работе, проверяют их проходимость, очищают и продувают сжатым воздухом. Все трубы подвергают гидравлическому испытанию на давление, превышающее в 1,25 раза рабочее. Все линии продувки манометров выводят за пределы машинного зала и соединяют с буферными емкостями, работающими с давлением на  $0,5 \text{ кгс/см}^2$  ниже давления в линии, на которой установлен данный манометр.

Импульсные линии термометров, сигнализирующих о предельном повышении температуры подшипников и масла, и манометров, предупреждающих о падении давления масла в системе циркуляционной смазки, прикрывают от повреждений специальными кожухами.



Смонтированный компрессор испытывают вхолостую и под нагрузкой. При испытаниях проверяют качество сборки, регулируют узлы и системы компрессора, прирабатывают трущиеся детали. До подготовки к испытанию в помещении машинного зала должны быть полностью закончены чистые полы и строительные отделочные работы. Траншеи для трубопроводов после очистки перекрывают металлическими щитами из рифленой стали, «просечки» из стального листа или железобетонными плитами. Все проемы на отметке второго этажа, раскрытые на период монтажа, закрывают щитами из решетчатого, штампованного или просечного настила по проекту. Цоколь фундамента оштукатуривают, приямки окрашивают масляной краской, а вокруг проемов устанавливают постоянные ограждения. Все помещение освобождают от мусора, посторонних предметов и материалов, обычно остающихся после монтажа.

К началу испытания должны быть обеспечены подключение и подача электроэнергии для питания электродвигателей компрессора и системы смазки, нормальная работа системы вентиляции, закончены работы по изоляции трубопроводов (если это предусмотрено проектом), а также работы, связанные с монтажом щитов контрольно-измерительных приборов и автоматического управления. Очищают и испытывают на прочность и плотность всасывающий и нагнетательный трубопроводы, подключают к системе водоснабжения и канализации линии, по которым подается и сбрасывается вода для охлаждения компрессора и аппаратов. Очищают от пыли, грязи и ржавчины камеру всасывания и фильтры.

Испытания проводят по заранее подготовленной и утвержденной программе, которая предусматривает по-

рядок и последовательность операций по подготовке к пуску, обкатке компрессора вхолостую, продувке межступенчатых трубопроводов и обкатке компрессора под нагрузкой. В программе приводятся сроки завершения работ отдельных монтажных организаций и указываются ответственные исполнители.

## ПОДГОТОВКА К ПЕРВОМУ ПУСКУ

Подготовка к первому пуску охватывает все операции приведения в работоспособное состояние систем компрессора и предпусковой ревизии ходовых узлов самого компрессора. В подготовке к первому пуску и последующих испытаниях обычно участвует обслуживающий персонал. В период подготовки подбирают и дополняют всю техническую документацию, необходимую при испытании и сдаче всей установки.

**Подготовка систем смазки.** Систему циркуляционной смазки после проверки степени ее очистки полностью заполняют маслом, которое подается в масляный бак через фильтрующую сетку или несколько слоев марли, накладываемые на горловину бачка или отверстие бака. Марки масел и количество определяются по паспорту компрессора. Для смазки компрессоров, работающих на сжатие этилена, хлора и кислорода, применяются водоглицериновые смеси и другие специальные смазки. Качество масла должно быть подтверждено соответствующим сертификатом. При возникновении сомнений в качестве масла должен быть проведен лабораторный анализ на его полное соответствие требованиям ГОСТа.

Масляный бак заполняют до наивысшей отметки по поплавковому указателю уровня и маслоуказательному стеклу. Примерно необходимое количество масла для первого пуска (в г/ч)

$$A = (1,5 - 2) knsD,$$

где  $n$  — частота вращения вала компрессора в об/мин;  $s$  — ход поршня в м;  $D$  — сумма диаметров всех цилиндров с одинаковым ходом поршня в м;  $k$  — коэффициент, зависящий от типа компрессора.

Для компрессоров, работающих с избыточным давлением до 12 кгс/см<sup>2</sup>, вертикальных и угловых  $k = 0,8$ , горизонтальных — оппозитных и с односторонними рядами  $k = 1,0$ , для многоступенчатых компрессоров

с избыточным давлением до 350 кгс/см<sup>2</sup>  $k = 1,9 \div 4,8$ . Коэффициент (1,5—2) принимается для вновь пускаемых машин для обеспечения лучшей приработки деталей и компенсации возможных утечек масла. Ниже приведены нормы расхода масла для воздушных компрессоров при различных диаметрах цилиндров:

Диаметр цилиндра в мм	150	200	300	450	600	750
Расход масла в г/ч . . .	3	4	7	13	17	23

В бескрейцкопфных компрессорах, работающих на смазке разбрызгиванием, масло заливают непосредственно в картер. Предварительно всю поверхность картера, в которой создается масляная ванна, промывают керосином и протирают насухо. Уровень масла, заливаемого в картер, должен обеспечивать погружение в него на 5—7 см штырей, которые ввертываются в нижние головки шатунов. При вращении коленчатого вала штыри, ударяясь о поверхность масляной ванны, разбрызгивают масло так, что оно попадает на все места смазки, в том числе и на зеркало цилиндра.

Постоянный уровень масла в поддоне картера поддерживается за счет подачи его в картер парой шестерен, ведущая из которых закреплена на коленчатом валу. Излишек масла стекает через отверстие или окно, нижние кромки которых соответствуют уровню масла в поддоне. Количество масла (в килограммах), необходимое для заливки картера, определяют как произведение емкости картера (в литрах), которую берут из паспорта, на коэффициент 1,2.

Масло хранят в очищенных емкостях и бочках с закрытыми крышками. Перед промывкой маслом всей системы циркуляционной смазки включают одну из секций фильтра грубой очистки и проверяют открытие запорных вентилях на маслопроводах. Циркуляция масла в системе создается включением в работу масляного насоса агрегата смазки, а в машинах, где масляный насос приводится от коленчатого вала, включением ручного масляного насоса.

В первый период последовательным отсоединением подающих труб проверяют поступление масла ко всем точкам смазки на коренные, шатунные и выносные подшипники, направляющие крейцкопфов и ползунов. Одновременно проверяют уплотнение всех стыков маслопроводов и устраняют выявленные дефекты. Перепускной

клапан регулируют на максимальное давление ( $5 \text{ кгс/см}^2$ ). Затем подают воду к масляному холодильнику, проверяют работу контрольно-измерительных приборов (манометров у агрегата смазки и на маслопроводах, термометров на подшипниках), а также регулируют приборы масляной системы на центральном щите.

Фильтр грубой очистки масла переключают на вторую секцию и производят очистку первой секции. В масляном баке регулируют положение поплавкового указателя уровня, обеспечивая его свободное перемещение. Промывку системы циркуляционной смазки ведут в течение 4—8 ч. Практически промывку ведут до прекращения загрязнения сеток фильтров грубой очистки масла. Загрязненность масла можно проверить, подставив марлю под шланги, которые отводят масло в картер из отсоединенных маслопроводов коренных и выносных подшипников. На марле не должно оставаться следов грязи ржавчины, окалины и других механических примесей.

Во избежание загрязнения вкладышей подшипников масло направляют мимо коренных и выносных подшипников, для чего к соответствующим трубам подсоединяют резиновые шланги, конец которых отводят в картер компрессора. Все остальные трубы подсоединяют к своим точкам смазки. В период промывки до отсоединения маслопроводов подшипников следует повернуть коленчатый вал на несколько оборотов.

По окончании промывки сливают масло из системы и очищают масляный бак и фильтры от осадков. Маслопроводы вновь присоединяют к штуцерам коренных и выносных подшипников и систему заполняют свежим маслом. Может быть использовано и старое масло после лабораторной проверки содержания в нем механических примесей. Но обычно использованное масло регенерируют на специальных установках, которыми оборудуется компрессорная. Во время промывки системы агрегат масляного насоса может быть подключен к временной электросети для ускорения подготовки к пуску.

Перепускной клапан шестеренчатого насоса регулируют так, чтобы избыточное давление масла в системе составляло  $2,0—4,0 \text{ кгс/см}^2$ . Минимальное допустимое давление масла  $1,5 \text{ кгс/см}^2$ , запретное  $1,2 \text{ кгс/см}^2$  и максимально допустимое  $5 \text{ кгс/см}^2$ . В случае нагрева масла в период промывки системы включают подачу воды в масляный холодильник. Кожухи рам компрессора снимают

или открывают для удобства наблюдения за стоком масла. Скопление масла в картере свидетельствует о засорении сливного маслопровода или недостаточном его сечении.

Систему смазки цилиндров и систему промывки сальников готовят одновременно с системой циркуляционной смазки, так как в большинстве случаев масляный насос и лубрикатор приводятся от одного электродвигателя. После проверки и очистки маслопроводов и лубрикатора резервуар последнего заполняют маслом марки, указанной в паспорте компрессора.

В резервуар лубрикатора в зависимости от количества точек смазки (4, 6 или 8) заливают 2, 3 или 4 л масла. До включения агрегата смазки все трубки отсоединяют от штуцеров, ввернутых на точках смазки, и под трубки ставят какие-либо бачки для приема прокачиваемого масла. Это необходимо для контроля за поступлением масла к данной точке и проверки правильности сборки и работы обратного клапана, замыкающего трубку. Для наблюдения за подачей масла служат также смотровые стекла на резервуаре или корпусе лубрикатора. При опробовании лубрикатор устанавливают на максимальную подачу, для чего винты на ведущих головках плунжеров ввертывают до отказа. Подача масла за один ход плунжера может регулироваться на каждую точку в пределах 0—0,12 см<sup>3</sup>. Более упрощенно проверяют поступление масла, вывертывая контрольный штифт обратного клапана, установленного на точке смазки. Трубку при этом не отсоединяют.

Для подачи масла в систему цилиндрической смазки от лубрикатора, приводимого от коленчатого вала, отсоединяют хомут рычага от эксцентрика и храповое колесо вращают вручную с помощью накидной рукоятки.

Систему смазки сальников проверяют так же, как систему циркуляционной смазки. В масляный сборник заливают масло той же марки, что и масло, идущее для смазки цилиндров. Последовательно включают шестеренчатый приводной насос, фильтр и проверяют уплотнение всех стыков. Работу газоотделителя проверяют при испытании компрессора после введения в действие системы отсоса газа. Давление масла в системе промывки поддерживают в пределах 1,5—2,0 кгс/см<sup>2</sup>. Длительность проверки (1,5—2 ч) может быть сокращена, если идет достаточно чистое масло. После проверки масло заменяют, предварительно очистив сборник масла и фильтр. При

пуске компрессоров, в которых смазка цилиндров производится разбрызгиванием из картера, обращают внимание на правильность установки двух или трех масляных колец на нижней части поршня. Кольцо должно быть установлено так, чтобы острая наружная кромка была обращена в сторону картера и снимала излишнее масло при ходе поршня вниз.

*Редуктор агрегата смазки, редуктор механизма поворота коленчатого вала и выносной подшипник* приставного вала электродвигателя заправляют тем же маслом, что и систему циркуляционной смазки. Уровень масла ванны должен быть равен  $1/3$  высоты корпуса; его проверяют по контрольной пробке или стеклу маслоуказателя. На шейке приставного вала, где до закрытия подшипника устанавливают маслоподающее кольцо или цепочку, проверяют свободу их перемещения для подачи смазки.

При промывке систем проверяют и регулируют работу перепускных клапанов, а также действие всей арматуры, установленной на маслопроводах. Одновременно регулируют аппаратуру, сигнализирующую о прекращении подачи масла и отключающую электродвигатель компрессора.

Масло хранят в специальных закрытых емкостях и очищенных бочках. Для заливки масла в резервуары лубрикаторов используют кувшины емкостью 3—5 л. Для удаления излишней смазки, а также протирки машины подбирают качественный обтирочный материал. Отработавшее масло собирается в бочку, а затем направляется на регенерацию.

**Подготовка системы охлаждения** включает заполнение водой всех контуров системы охлаждения, их промывку и опробование при нормальном давлении. Предварительно уточняют необходимое количество воды для охлаждения полостей и крышек цилиндра компрессора, для подачи в промежуточные и концевые холодильники газа, в холодильники масла систем смазки, а также в воздухоохладители электродвигателя.

Необходимое количество воды указано в паспорте компрессора. Ориентировочно средний удельный расход воды составляет для одноцилиндровых воздушных компрессоров  $3,5 \text{ л/м}^3$ , двухцилиндровых  $4,5\text{—}5,8 \text{ л/м}^3$ . Такое же количество воды расходуется в концевых и промежуточных холодильниках. Вода для проточной си-

стемы охлаждения (прямоточный контур) во избежание большого количества отложений на стенках должна содержать не более 25 мг-экв/л органических веществ и механических примесей. После неоднократного нагрева и охлаждения вода практически будет иметь более низкое содержание примесей и меньшую жесткость, однако надо следить за качеством воды, подаваемой для пополнения системы. В полости цилиндров и крышек ряда компрессоров подается химически чистая вода (после предварительной подготовки на специальной установке).

Для промывки систему заполняют обычной водой, для чего открывают задвижку на главном трубопроводе и запорные вентили, перекрывающие доступ воды к холодильникам и узлам компрессора. Во время промывки устраняют пропуски и подтеки. При включении в работу центробежных насосов или создании напора в питающей магистрали вода начинает циркулировать. Поступление и циркуляцию воды в каждой линии проверяют по открытому сливу ее в общую или отдельную воронки. Длительность промывки не нормируется. Промывку заканчивают, когда вода на сливе становится чистой.

При опробовании циркуляции воды после устранения всех выявленных дефектов проверяют давление на выходе воды из центробежных насосов. Нормальное давление в системах охлаждения 2—4 кгс/см<sup>2</sup>, максимальное 5 кгс/см<sup>2</sup>, минимальное 1,5 кгс/см<sup>2</sup> и запретное 1 кгс/см<sup>2</sup>. Во время заполнения системы ликвидируют воздушные мешки, спускают воздух через вантузные отверстия или краны, которые должны быть расположены на самых высоких точках трубопроводов.

При подготовке системы охлаждения в зимний период необходимо следить за тем, чтобы в отдельных узлах трубопроводов не замерзала вода. Для этого заполняют систему водой с температурой не ниже 15° С и обеспечивают непрерывную циркуляцию воды, а также укрывают теплоизолирующими материалами узлы трубопроводов, наиболее подверженные замерзанию. Во время промывки проверяют действие арматуры, увеличивая и уменьшая подачу воды к отдельным узлам и аппаратам. Периодически выполняется переключение рабочего и резервного центробежных насосов, чтобы при работе компрессора не было перерывов в подаче воды при выходе из строя одного из насосов. Одновременно регулируют приборы на центральном щите, отключающие электродвигатель компрес-

сора при прекращении подачи охлаждающей воды. В период подготовки системы охлаждения промывают и заполняют водой бассейн градирни и проверяют ее вентилятор.

**Подготовка линий всасывания и нагнетания.** Перед пуском компрессора проверяют окончание работ по монтажу и испытанию всех межступенчатых аппаратов: маслосепараторов, промежуточных и конечных холодильников, буферных емкостей, ресиверов и связывающих их трубопроводов, а также всасывающего трубопровода (начиная от фильтра). Проверяют наличие на всех вентилях и задвижках маховиков или штурвалов, на которых стрелками должно быть указано направление открытия и закрытия. Подбирают нормальные удлинители, подогнанные по ободу и спицам маховиков.

Проверяют возможность свободного открытия и закрытия арматуры. На всех линиях проверяют установку и закрепление постоянных опор, подвесок и деревянных колодок, затяжку хомутов. Просматривают все фланцевые соединения. Проверяют затяжку анкерных болтов, а также поддерживающих скоб и хомутов на аппаратах. Осматривают байпасные линии, по которым газ после сжатия в определенных ступенях компрессора вновь направляют на всасывание или пропускают в обход отдельных аппаратов при их отключении.

На задвижках всасывающих трубопроводов, снабженных электроприводом, проверяют подключение электропитания, а также действие привода и конечных выключателей, ограничивающих ход шпинделя при крайних положениях открытия и закрытия.

Затем проверяют степень очистки всех трубопроводов.

В камерах фильтров устанавливают на место смазанные маслом фильтровальные кассеты или проверяют натяжку и действие привода фильтровальной сетки и заполнение маслом поддона, в котором промывается сетка. После очистки и осмотра камеру фильтров закрывают.

Далее проверяют состояние емкостей или технологических линий, в которые должен поступать нагнетаемый воздух или газ.

Все проемы закрывают щитами и плитами, проверяют исправность настилов и лестниц (если машинный зал расположен на втором этаже).

В заключение производят врезку трубопроводов в действующие линии, если это предусмотрено проектом.



Врезку проводят с отключением действующих линий обычным порядком или без отключения с помощью специальных приспособлений. При этом строго соблюдают все правила техники безопасности. Врезку приходится выполнять также при подключении системы охлаждения компрессора к действующим магистралям водоснабжения. Врезку трубопроводов в действующие технологические линии проводят обычно по окончании испытания компрессора.

**Предпусковая ревизия компрессора** проводится для компрессоров, поступающих на площадку опломбированными, а также в случае длительного перерыва между окончанием монтажа и пуском для компрессоров, которые на месте проходили сборку и доводку.

При ревизии проверяют готовность к работе механизма движения компрессора и состояние всех его ходовых узлов. Снимают крышки клапанных камер цилиндров и удаляют все клапаны. После снятия консервирующей смазки и промывки в керосине протертые насухо клапаны укладывают на деревянный щит около компрессора и предохраняют их от повреждения.

Свободу хода поршня проверяют поворотом вала вручную на один-два оборота. Одновременно при снятых клапанах проводят повторную проверку величины линейных зазоров мертвых пространств цилиндров. Таким же порядком проводят предпусковую ревизию компрессоров, детали которых покрыты на заводе-изготовителе консервационной смазкой, не требующей для удаления разборки машины. Такая смазка смывается маслом после 3—4 ч работы машины, когда прогреют детали.

Обычно параллельно производят ревизию и подготовку электродвигателя привода компрессора. Проверяют сопротивление изоляции обмоток и просушивают их, если сопротивление меньше допустимого. В электродвигателях, ротор и статор которых собирали при монтаже компрессора, еще раз измеряют зазоры между статором и ротором. Катюшки продувают сжатым воздухом для удаления пыли. При пуске запыленного электродвигателя может произойти взрыв. Кратковременным включением проверяют правильность направления вращения ротора. После этого производят обкатку электродвигателя на холостом ходу.

Для проведения обкатки электродвигателей снимают ремни или разъединяют муфты в зависимости от приме-

няемого типа соединения с компрессором. Перед обкаткой электродвигателей, в которых ротор смонтирован на коренном валу компрессора или на соединенном с ним фланцем одноопорном приставном валу, отсоединяют шатуны и отводят их совместно с крейцкопфами и поршнями в переднее положение так, чтобы шатуны не мешали вращению вала.

Рекомендуемая длительность обкатки на холостом ходу указана в паспорте электродвигателя. Обычно ее ведут до установления нормальной температуры подшипников, но не менее 2 ч. По окончании обкатки устанавливают на место ремни привода и проверяют параллельность валов по торцам шкивов с помощью шнура, при соединении полумуфт проверяют еще раз центровку валов тем же способом, который применялся при монтаже (см. с. 98). В период обкатки электродвигателя должна быть обеспечена достаточная смазка его подшипников. При кольцевой смазке масло заливают в ванну каждого подшипника, при циркуляционной системе вентилями отключают все точки смазки, кроме подшипников, и увеличивают сечение перепускного клапана. После того как к электродвигателю подключено электропитание, не следует производить каких-либо работ с механизмом движения компрессора.

Проверяют затяжку гаек, контргаек коренных и шатунных подшипников, муфт соединения штока с крейцкопфом, а также затяжку клиньев крейцкопфных подшипников шатуна. Подтягивают все гайки крышек цилиндров и сальников. С компрессора удаляют все посторонние предметы и инструмент. Просматривают все проемы и пазы (в них не должно быть болтов, гаек, кусков дерева, тряпок и т. п.). С направляющих крейцкопфов и фонарей удаляют излишнюю и загрязненную смазку. Устанавливают защитные кожухи и ограждения.

Непосредственно перед пуском устанавливают контрольно-измерительные приборы (термометры и манометры), если проектом не предусмотрен щит управления. Проверяют вручную срабатывание имеющихся защитных устройств (предохранительных клапанов и ограничителей).

**Подготовка технической документации.** Результаты всех проверок и замеров, проведенных при монтаже, заносят в соответствующие формуляры или оформляют актами. Для проведения этой работы используют все

записи промежуточных замеров, которые ведут мастер или бригадир совместно с представителями завода-изготовителя и заказчика.

Объем технической документации зависит от типа и сложности компрессора. Для компрессоров, поступающих на площадку в разобранном виде, в монтажный формуляр заносят замеры величин, характеризующих окончательную выверку машины на фундаменте, горизонтальность рам и вала, направляющих крейцкопфа и ползунов, а также параллельность осей рядов и перпендикулярность их к оси вала. Приводят данные по соосности направляющих крейцкопфа и ползунов относительно расточек цилиндров. Указывают фактические монтажные зазоры: радиальные и осевые в коренных и шатунных подшипниках, между крейцкопфом и верхними направляющими, поршнями и цилиндрами, поршневыми кольцами и канавками поршня, штоком и нажимной грунтобуксой сальника, а также замеры линейных зазоров мертвых пространств и расхождения щек коленчатого вала.

Составляют акты следующих операций: испытания картера на герметичность, механической и химической очистки травлением трубопроводов маслосистемы, промывки маслосистемы после сборки и прокачки масла, очистки и продувки всасывающего и межступенчатых трубопроводов и аппаратов, гидравлических испытаний их на прочность и плотность. Фиксируются актом величины зазоров между сердечниками катушек статора и ротора электродвигателя.

Для компрессоров, поступающих в собранном виде, в формуляр заносят данные о горизонтальности машины на фундаменте, а также результаты центровки валов компрессора и электродвигателя при соединении муфтой.

На трубопроводы всех компрессоров оформляют техническую документацию на сварочные работы, кроме того, составляют исполнительную схему всех коммуникаций. Для трубопроводов высокого давления составляют специальные акты по установленной форме, в которых фиксируются все детали (трубы, фитинги, фланцы и крепеж) с указанием номеров паспортов и сертификатов, подтверждающих их качество.

Оформление технической документации должно быть закончено до испытаний компрессора.

## ПУСК И ИСПЫТАНИЕ КОМПРЕССОРОВ

Все работы, связанные с пуском, испытанием, обслуживанием и остановкой компрессора, следует проводить по эксплуатационной инструкции завода-изготовителя. Одновременно испытывают предусматриваемую проектом систему автоматического управления, контроля, сигнализации и защиты.

О пуске компрессора делается запись-заявка в вахтенном журнале руководителем монтажа или эксплуатации. При первых пусках заявку подписывают также ответственные за электрическую часть, КИП, водоснабжение и другие службы, подтверждая готовность всех систем. На основании этой заявки на подстанции выполняют сборку электрической схемы пуска.

Пусковые испытания состоят из двух этапов. Первый этап — это пробный пуск, при котором проверяют взаимодействие всех узлов и систем компрессора на холостом ходу, регулируют подачу воды для охлаждения и смазки, обеспечивают нормальный нагрев трущихся частей. После нескольких пробных пусков различной длительности компрессор останавливают для устранения выявленных неисправностей и дефектов. Второй этап пусковых испытаний — сдаточные испытания.

Пробные пуски и сдаточные испытания проводят по заранее установленной программе, составленной в соответствии с требованиями инструкции по монтажу и СНиП (строительные нормы и правила). Программа предусматривает последовательность проведения испытаний на холостом ходу, операций по выполнению продувок межступенчатых трубопроводов, испытаний компрессора при различных нагрузках. В программе указано, какие работы, связанные с первым пуском и последующими испытаниями, должна выполнить каждая организация, установлен порядок электроснабжения, подачи и отвода воды, назначены ответственные исполнители.

После пробных пусков различной длительности, чередующихся с осмотром всех узлов и систем компрессора, проводят заключительные непрерывные испытания, продолжительность которых указана в табл. 4 (по СНиП).

Время, затрачиваемое на пробные пуски и ревизии, зависит от типа и размеров компрессора и составляет три-пять дней для угловых компрессоров типа ВП и

восемь-десять дней для крупных оппозитных и горизонтальных компрессоров с односторонним расположением цилиндров.

**Требования к обслуживающему персоналу.** Пуск и испытания компрессора проводят в присутствии руководителя монтажа. Для обслуживания компрессора наряду с монтажниками привлекается эксплуатационный персонал, при этом сокращается время на освоение и сдачу установки в эксплуатацию. Лица, допускаемые в пусковой период к обслуживанию компрессора, должны иметь удостоверение квалификационной комиссии. Они должны хорошо знать конструкцию и характер работы данного компрессора, его систем и вспомогательного оборудования. Должны быть подробно изучены схемы трубопроводов компрессорной станции, газовых или воздушных в зависимости от ее назначения, трубопроводов для охлаждающей воды и смазки, линий продувок, байпасов, а также места установки межступенчатых аппаратов, расположение всей арматуры и ее назначение.

Необходимо знать расположение, принцип действия и назначение контрольно-измерительных приборов, установленных на щите или непосредственно на компрессоре и аппаратах, изучить заводские инструкции по уходу, пуску и остановке компрессора и всего вспомогательного оборудования.

Персонал должен быть проинструктирован о всех правилах техники безопасности, которых необходимо придерживаться при пуске и работе компрессора, а также о методах тушения возможных пожаров; о возможных неисправностях и неполадках в работе отдельных узлов и систем компрессора и способах устранения этих неисправностей, а также о мерах по ликвидации аварий.

Вступая на дежурство, обслуживающий персонал должен совместно со сдающими смену рабочими тщательно осмотреть компрессор и его вспомогательное оборудование, проверить состояние контрольно-измерительных приборов, наличие требуемых эксплуатационных материалов (масла, обтирочных концов и т. п.) и инструмента. Кроме того, следует просмотреть записи в журнале за прошедшее дежурство о неполадках в работе и о распоряжениях руководителей эксплуатации и монтажа. Если при осмотре выявлены какие-либо неисправности, следует сделать запись в журнале и поставить в известность

Т а б л и ц а 4

## Длительность непрерывного испытания поршневых компрессоров

Компрессор	Длительность испытания в ч		
	вхоло- стую	под на- грузкой	контроль- ного под нагрузкой
Воздушный и газовый:			
горизонтальный оппозитный или с односторонним расположени- ем цилиндров . . . . .	10	48	8
вертикальный или угловой . . .	6	24	2
Холодильный:			
горизонтальный оппозитный или с односторонним расположени- ем цилиндров . . . . .	24	—	—
вертикальный или угловой . . .	12	—	—

старшего по смене. Сдача и прием дежурства оформляются распиской в журнале.

Во время работы персонал должен обеспечивать бесперебойное и безаварийное действие всего оборудования, входящего в состав компрессорной станции. Оборудование иногда не проходит обкатки на заводе-изготовителе или обкатывается только на холостом ходу, поэтому следует предупреждать даже мельчайшие неполадки в работе, чтобы не было аварии и длительной остановки компрессора. Во время работы персонал должен находиться около компрессора, так как в первый период в действии систем защиты также могут возникнуть неполадки и необходимо в любой момент при ненормальных отклонениях в показаниях приборов остановить компрессор. Персонал совместно с монтажниками разбирает и собирает отдельные узлы компрессора при устранении выявленных дефектов. К работающему компрессору не следует допускать посторонних лиц.

**Пуск компрессора** проводят в следующем порядке. Пускают воду для охлаждения цилиндров, крышек, масляного холодильника и проверяют слив ее в воронки из всех линий. При работе компрессора под нагрузкой охлаждающую воду пускают также в холодильники всех ступеней. Проверяют уровень масла в масляном баке системы циркуляционной смазки и в резервуаре лубрикатора. Пускают в работу масляные насосы и лубрикатор. Давление в системе циркуляционной смазки дово-

дят до рабочего (2—4 кгс/см<sup>2</sup>). Подачу масла от лубрикатора ко всем точкам цилиндров и сальников проверяют по контрольным кранам или по смотровым стеклам в корпусе. Для компрессоров, в которых масляный насос и лубрикатор приводятся через коленчатый вал, первоначальная подача смазки к механизму движения осуществляется ручным масляным насосом в обход приводного насоса, к цилиндрам и сальникам — вращением вала лубрикатора вручную за рукоятку. Проверяют исправность контрольно-измерительных приборов, наличие пробок на предохранительных клапанах, ставят в рабочее положение трехходовые краны манометров.

Перед пуском на холостом ходу снимают всасывающие и нагнетательные клапаны всех цилиндров. Перед пуском под нагрузкой открывают соответствующие вентили и задвижки на аппаратах и трубопроводах, связывающих ступени компрессора по линии нагнетания, а также запорный вентиль на нагнетательной линии компрессора.

Подключают для работы пусковые байпасные линии, соединяющие нагнетательную полость со всасывающей в соответствующих цилиндрах (если это предусмотрено конструкцией компрессора). Закрывать и открывать запорные и байпасные вентили следует медленно и плавно, чтобы не вызвать гидравлических ударов и толчков давления, при этом необходимо следить за показаниями соответствующих манометров. Запорные вентили на линиях к манометрам должны быть постоянно открыты при работе и во время остановки компрессора.

Коленчатый вал с помощью устройства для поворота поворачивают на один-два полных оборота для проверки отсутствия помех, а также для равномерного распределения масла по трущимся поверхностям. Затем устройство для поворота вала выводят из зацепления с зубчатым венцом ротора электродвигателя и стопорят в этом положении.

Электродвигатель компрессора включают после получения сигнала с электроподстанции о готовности к пуску всей электрической схемы. На сборку этой схемы для высоковольтных электродвигателей делают предварительную заявку.

1. В первый пуск все операции проводят в следующем порядке. Почти одновременным нажатием кнопок «Пуск» и «Стоп» производят толчок ротора и коленчатого вала,

чтобы проверить направление вращения. Правильное направление вращения ротора — по часовой стрелке, если смотреть со стороны контактных колец. В горизонтальных компрессорах с односторонним расположением цилиндров верхняя часть ротора должна перемещаться в сторону цилиндров. Выбег ротора (время с момента нажатия кнопки «Стоп» до полной остановки ротора) для средних и крупных машин должен составлять не менее 45 с. Величина выбега характеризует качество пригонки подшипников и всего механизма движения.

2. При повторном толчке ротора и пуске компрессора число оборотов электродвигателя доводят до номинального (синхронного), а затем компрессор останавливают.

3. Длительность последующих пусков компрессора постепенно увеличивают на 2—3 мин, а затем на 5 и 10 мин. При каждом пуске проверяют работу систем смазки и охлаждения, отсутствие посторонних шумов и стуков в механизме движения и цилиндрах, нагрев подшипников. В период остановок осматривают компрессор и проверяют температуру нагрева трущихся соединений, не доступных при работе машины.

При пуске и остановке компрессора дается звуковой или световой сигнал. Порядок и последовательность операций при работе компрессора под нагрузкой описаны на с. 197.

**Остановку компрессора** проводят в следующей последовательности. *При работе на холостом ходу* выключают электродвигатель привода компрессора и после остановки ротора выключают электродвигатель агрегата смазки. При кратковременных остановках агрегат смазки не выключают. Прекращают подачу воды на охлаждение цилиндров и к масляному холодильнику. В журнале отмечают время и причину остановки. После остановки осматривают, ощупывают все недоступные при работе компрессора детали движения, чтобы проверить степень их нагрева. Проверяют и подтягивают болты и гайки в соединениях крейцкопфа, шатуна, сальников, на крышках коренных подшипников и цилиндров. Устраняют подтеки масла на корпусе компрессора. Очищают элементы масляного фильтра и фильтрующие сетки сборника масла.

*При работе под нагрузкой* перед остановкой следует снять с компрессора давление при помощи продувочных и байпасных вентилях. В экстренных случаях компрессор может быть остановлен и под нагрузкой, но с обязатель-



ным сбросом давления после остановки. При работе под нагрузкой компрессор останавливается значительно быстрее. Для разгрузки компрессора открывают продувочные вентили всех ступеней и байпасные вентили, установленные в многоступенчатых компрессорах после первой и последней ступеней. Проверяют по манометрам сброс давления во всех ступенях. Закрывают вентиль на нагнетательной линии последней ступени.

Последующие операции проводят так же, как при остановке компрессора, работающего на холостом ходу. Случаи, когда компрессор должен быть немедленно остановлен, приведены на с. 207.

*При остановке на длительное время* спускают воду из холодильников, охлаждающих полостей компрессора и трубопроводов. Вал компрессора ежедневно поворачивают на один-два оборота с помощью устройства поворота. Во избежание повреждения снимают контрольно-измерительные приборы, установленные непосредственно на компрессоре.

**Испытание на холостом ходу.** Цель испытания — проверка взаимодействия всех узлов компрессора и устранение неполадок. В результате этого испытания агрегат должен работать длительное время без стуков и постороннего шума с нормальным нагревом подшипников и ходовых частей. После кратковременных первых толчков и пусков (см. с. 190), предназначенных для проверки правильности сборки компрессора и действия его систем, проводят два пуска длительностью 15—20 мин и 50—60 мин. Увеличение продолжительности подобных пусков следует допускать только после тщательной проверки состояния подшипников и других узлов, проверки затяжки резьбовых соединений и устранения всех выявленных дефектов.

Температура нагрева коренных и шатунных подшипников не должна превышать 60° С. Эту температуру можно проверить на ощупь рукой. При чрезмерном нагреве регулируют зазоры во вкладышах с помощью прокладок в стыках, при недостаточном прилегании вкладышей проводят дополнительную шабровку. Следующий пуск проводят только после полного остывания подшипников. При ненормальных стуках и шумах уменьшают величины зазоров и подтягивают ослабшие резьбовые соединения.

При выполнении каких-либо работ на компрессоре электродвигатель должен быть отключен.

Часовое испытание компрессора на холостом ходу повторяют, если после первого часового испытания производилось устранение дефектов, связанное с разборкой и дополнительной подгожкой узлов. После часового испытания и удовлетворительных результатов осмотра проводят заключительное непрерывное испытание компрессора на холостом ходу (см. табл. 4). Для крупных компрессоров некоторые заводы-изготовители доводят длительность непрерывного испытания на холостом ходу до 16 ч с целью приработки деталей.

Во время испытания постоянно наблюдают за давлением и температурой масла в системе циркуляционной смазки и системе промывки сальников. Давление поддерживают в пределах 2—4 кгс/см<sup>2</sup>, температуру — не выше 45° С. При температуре в помещении выше 15° С масло направляют через холодильник масла, а при более низкой температуре — минуя его. Периодически проверяют по контрольным кранам подачу масла в цилиндры и сальники. Поддерживают уровень масла в масляном баке и резервуаре лубриката. Как можно чаще следует переключать и чистить секции фильтров масла, так как в начале работы они быстро засоряются из-за недостаточной очистки трубопроводов и направляющих крейцкопфов, а также из-за более интенсивного истирания трущихся поверхностей в период приработки. Обычно весь период обкатки на холостом ходу занимает от 10 ч до суток.

По окончании непрерывного испытания на холостом ходу составляют акт, а затем подготавливают компрессор к испытанию под нагрузкой. Подготовка включает продувку трубопроводов и аппаратов, установку на место всасывающих и нагнетательных клапанов, замену масла в системах циркуляционной смазки и промывки сальников, предпусковую ревизию и осмотр компрессора без разборки узлов.

Для холодильных компрессоров, испытываемых только на холостом ходу, заводы-изготовители рекомендуют сначала проводить испытание непрерывно в течение 6 ч с целью удаления консервационной смазки, а затем выполнять осмотр и первую смену масла. Далее следует непрерывная обкатка в течение 18 ч для горизонтальных и 6 ч для угловых компрессоров, а затем вторичный осмотр и смена масла. Длительность испытания на холостом ходу (общая) составляет соответственно 24 и 12 ч, после чего

перед сдачей в эксплуатацию производят выборочную ревизию (см. с. 201).

Продувку коммуникаций последовательно от первой до последней ступеней проводят воздухом, нагнетаемым самим компрессором. Необходимость продувки вызвана тем, что даже тщательная очистка внутренних поверхностей трубопроводов и аппаратов не может обеспечить полного удаления мелких частиц пыли, грязи, грата и окалины. Попадание их в цилиндры компрессора при работе может вызвать задиры на зеркале и преждевременный износ поршневых колец, а также баббитовых подушек скользящих поршней.

Продувку начинают со всасывающего трубопровода первой ступени. Для этого в цилиндре меняют местами всасывающие и нагнетательные клапаны, изменяя этим направление движения воздуха. Воздух всасывается через отверстие под нагнетательный клапан, для чего от цилиндра отсоединяют нагнетательный трубопровод, отверстие по фланцу закрывают металлической фильтровальной сеткой. При продувке всасывающего трубопровода фильтровальные кассеты или сетки фильтра снимают. В многоступенчатых газовых компрессорах всасывающий трубопровод имеет большой диаметр, поэтому очистку его производят вручную, так как продувка при больших сечениях малоэффективна.

В холодильных компрессорах цилиндры не имеют водяного охлаждения. Поэтому продувку трубопроводов воздухом, нагнетаемым самим компрессором, можно выполнять только в том случае, если при этом не произойдет чрезмерного нагрева цилиндров, что вызовет перегрев смеси воздуха и масла, в результате чего возможен взрыв. Для таких компрессоров продувку трубопроводов и аппаратов выполняют, подавая воздух от передвижного или вспомогательного компрессоров.

После включения в работу компрессора производят обстукивание трубопроводов молотком (массой до 1,5 кг) для отделения приставших к стенкам частиц. Всасывающий трубопровод и межступенчатые линии следует продувать не менее чем по 2 ч. Степень очистки проверяют по стеклу, имеющему форму квадрата со стороной 200—250 мм. Это стекло, покрытое тонким слоем масла, вводят в струю воздуха, который выходит из продуваемой трубы. Включения, имеющиеся в воздухе, прилипают к стеклу и хорошо просматриваются на свет. Продувку всасывающего тру-

бопровода можно выполнять и от постороннего источника сжатого воздуха, для чего трубопровод должен быть отсоединен и отведен от цилиндра первой ступени.

Для продувки нагнетательного трубопровода устанавливают на места и закрывают крышками всасывающие и нагнетательные клапаны цилиндров продуваемой и всех предшествующих ступеней. Нагнетательный трубопровод отсоединяют от цилиндра, к которому он подает воздух, и конец трубопровода по возможности отводят в сторону. Далее в обычном порядке производят пуск компрессора, контроль за работой и остановку по окончании каждого периода продувки. Нагнетательный трубопровод можно не отсоединять, если установить вместо всасывающих клапанов в цилиндр, следующий за продуваемой ступенью, приспособление, состоящее из заглушки, плотно прикрывающей вход в цилиндр, и приваренного к ней стержня. На стержне центрируется фланец, закрепляемый вместо крышки цилиндра. Средняя часть фланца имеет отверстия для выхода воздуха в виде секторов. Открытие и закрытие продувочных и спускных вентилях выполняют по заводской инструкции. Манометры на щите компрессора следует заменить другими с меньшим пределом измерения, так как продувку проводят при давлении до  $3,5 \text{ кгс/см}^2$ .

При продувке первой и второй ступеней вода на охлаждение цилиндров и холодильников не подается, так как нагрев воздуха невелик. Подача воды при продувке обязательна, начиная с третьей ступени, при этом вода подается на охлаждение цилиндра и холодильников продуваемой и всех предшествующих ступеней. При продувке многоступенчатых компрессоров следят за давлением и температурой воздуха после первой ступени, после пуска охлаждающей воды — за ее давлением в магистрали и температурой после цилиндров и холодильников, в которые вода поступает. При продувке трубопроводов предохранительных клапанов последние открывают вручную, заклинивают и оставляют в таком положении на время продувки. Линии продувок продувают одновременно с трубопроводами и аппаратами соответствующих им ступеней. По окончании всей продувки очищают от возможных налетов грязи клапаны, их гнезда, всасывающие и нагнетательные камеры цилиндров.

После выемки клапанов через клапанные окна проверяют состояние рабочих поверхностей цилиндров зри-

тельно или на ощупь. По увеличению верхнего зазора между цилиндром и поршнем устанавливают, насколько интенсивно срабатывались в первый период работы баббитовая подушка и поршневые кольца. При наличии рисок и задиров разбирают поршневую группу, зачищают зеркало цилиндра шлифовальным полотном, чистят кольца и канавки на поршне. При значительном износе колец их заменяют. Обычно это необходимо для последних ступеней компрессора.

Затем соединяют все трубопроводы и аппараты, которые разъединялись при продувке, проверяют затяжку резьбовых соединений на компрессоре и коммуникациях, очищают фильтры систем смазки.

Манометры, которыми временно пользовались при продувке, заменяют постоянными. Проверяют открытие предохранительных капанов на давление, заданное проектом и техническими условиями (см. с. 156). Предварительно в условиях мастерской проверяют и регулируют предохранительные клапаны на заданное давление с помощью гидравлического пресса на масле. Проведение этой проверки и регулировки фиксируется актом.

**Испытание под нагрузкой** служит для проверки работоспособности всех узлов и систем компрессора в условиях эксплуатации. При испытании под нагрузкой после пуска компрессора на холостом ходу проводят по особому графику постепенное увеличение давления нагнетания с остановками для проверки состояния всего компрессора и устранения неполадок. После пробных кратковременных испытаний под нагрузкой проводят непрерывное испытание, ревизию и заключительное контрольное испытание. После этого компрессор сдают в эксплуатацию или для производства комплексных испытаний на рабочем газе.

Если после продувки трубопроводов и аппаратов производили смену поршневых колец и уплотнительных элементов сальников или исправление подшипников, то после такой ревизии следует до испытания под нагрузкой дополнительно опробовать компрессор на холостом ходу в течение 1—2 ч.

Испытание под нагрузкой воздушных компрессоров выполняют воздухом при рабочем давлении нагнетания. Газовые компрессоры испытывают воздухом или азотом, при этом учитывают соотношение удельных весов воздуха и рабочего газа, на котором будет работать компрессор

при эксплуатации, и соответственно изменяют конечное давление при испытании, чтобы не допустить перегрузки компрессора и электродвигателя. Величина снижения конечного давления нагнетания указана в инструкции. Например, для компрессора, работающего на азотно-водородной смеси с конечным избыточным давлением до 300—320 кгс/см<sup>2</sup>, при работе на воздухе допускается конечное избыточное давление до 200 кгс/см<sup>2</sup>. При этом давлении нагнетания во всех предшествующих ступенях сжатия должны оставаться близкими к давлениям, при которых компрессор испытывают на рабочем газе.

Превышение конечного рабочего давления при испытании компрессора под нагрузкой не допускается, так как может произойти его повреждение. При испытании под нагрузкой на воздухе должна быть предусмотрена его очистка, чтобы не было задиров на рабочих поверхностях цилиндров. При испытании воздух обычно выбрасывают в атмосферу через трубопровод аварийной продувки. Более быстрое повышение давления в последней ступени компрессора достигается при частичном прикрытии задвижки трубопровода аварийной продувки, так как увеличивается сопротивление прохождению воздуха. При этом байпасную задвижку последней ступени закрывают.

Испытания на азоте проводят с циркуляцией его по замкнутому циклу через трубопровод байпасной линии. Газовые компрессоры после монтажа обычно не испытывают под нагрузкой на рабочем газе, так как это входит в объем комплексных испытаний всей установки. При испытании на воздухе и азоте газовых компрессоров следует учитывать, что в условиях эксплуатации газ после сжатия в некоторых промежуточных ступенях должен проходить ряд технологических операций по очистке, поэтому в следующие ступени газ проходит в меньшем количестве. В связи с этим необходимо производить сброс воздуха или азота через соответствующие байпасные линии. Испытание под нагрузкой холодильных компрессоров проводят по замкнутому циклу на рабочем газе (аммиаке, фреоне и др.) после заполнения всей системы. Заполнение системы рабочим газом и испытание холодильных компрессоров под нагрузкой в обязанности монтажного персонала не входят.

К нагрузке компрессора после пуска на холостом ходу приступают, убедившись, что стуки отсутствуют и узлы работают нормально. В начале испытания под нагрузкой

необходимо постепенно повышать давление. Компрессор должен работать не менее чем по 2 ч при давлениях, составляющих 25, 50, 75 и 100% от рабочего давления. Переходить к режиму с более высоким давлением следует только после устранения всех дефектов и достижения нормальной работы компрессора на предыдущем режиме. В течение всего испытания необходимо внимательно следить за показаниями приборов, состоянием и действием механизма движения.

Температура сжатого воздуха или азота после всех цилиндров не должна превышать  $160^{\circ}\text{C}$ . При этом температура на всасывании перед первой ступенью должна быть не более  $35^{\circ}\text{C}$ , а после холодильников — не более  $40^{\circ}\text{C}$ . При отсутствии указаний рекомендуют поддерживать температуру воздуха после каждой ступени для общепромышленных компрессоров не выше  $160^{\circ}\text{C}$  и для технологических компрессоров не выше  $150^{\circ}\text{C}$ , так как возможна вспышка паров масла. Давление нагнетания, показываемое манометром после каждой ступени компрессора, должно соответствовать расчетному, указанному в паспорте. Превышение расчетного давления и неправильное его распределение по ступени вызывают перегрев цилиндра.

По сливной воронке проверяют подачу воды ко всем точкам охлаждения и температуру воды, выходящей из холодильников цилиндров, крышек и холодильников масла. Свежую воду подают в таком количестве, чтобы перепад температур до и после охлаждения не превышал  $10^{\circ}\text{C}$ , а температура воды на выходе не поднималась выше  $40\text{--}45^{\circ}\text{C}$ . Нормальное избыточное давление в системе охлаждения  $2\text{--}4\text{ кгс/см}^2$ . В случае прекращения подачи воды или падения ее давления в системе ниже допустимого компрессор немедленно останавливают.

Контролируют давление и температуру масла в системе циркуляционной смазки. Давление должно поддерживаться в пределах  $2\text{--}4\text{ кгс/см}^2$ , температура отработавшего масла должна быть не более  $45^{\circ}\text{C}$ , температура масла после холодильника — не более  $20\text{--}30^{\circ}\text{C}$ . Нагрев подшипников и других трущихся деталей не должен превышать  $60^{\circ}\text{C}$ .

Проверяют работу сальников и других уплотнений. Наличие пропусков определяют по звуку, которым сопровождается выход сжатого воздуха или азота сквозь неплотное соединение, или по сбиванию пламени подно-

символ свечи. Если предусмотрена система отсоса газа из сальника, то пропуски газа определяют по измерительной диафрагме, установленной на линии, соединяющей сальники с линией всасывания первой ступени. Увеличение расхода через диафрагму указывает на пропуск газа в одном или нескольких сальниках.

Следят за появлением ненормальных стуков или шумов, а также возможных неплотностей в соединениях. Подтягивать соединения для устранения пропусков можно только после снижения давления. Под наблюдением должны находиться все межступенчатые аппараты и трубопроводы, так как при работе под нагрузкой могут возникнуть вибрации их, связанные с пульсацией потока сжатого воздуха или азота. Вибрации устраняют установкой дополнительных опор и подвесок, более жестким креплением ранее установленных опор, а в некоторых случаях изменением положения аппаратов на фундаменте с установкой их на пружинные опоры, изменением профиля отводов и т. п.

Вибрации, устраненные при одной нагрузке, могут вновь возникнуть при переходе на следующую, повышенную нагрузку. Поэтому практически в многоступенчатых компрессорах устранять вибрации приходится в течение всего испытания до выхода на заданное конечное давление нагнетания. Вся операция устранения вибраций трубопроводов занимает длительное время. Неликвидированные вибрации трубопроводов могут повлечь ослабление соединений, привести к их разрыву и, следовательно, к аварии. Вибрации могут передаваться на компрессор и нарушать работу его узлов.

Непрерывное испытание под нагрузкой следует проводить после полного устранения всех вибраций, выявленных при предварительных обкатках компрессора. Если персонал достаточно опытный, вибрация трубопроводов может быть устранена без остановки компрессора во время испытания устройством временных опор из деревянных бревен, брусьев, досок. Трубы в местах наибольших вибраций расклиниваются подобными опорами до полного гашения вибрации на всех режимах работы. После окончания испытаний временные опоры заменяют постоянными. Это значительно сокращает время обкатки. После того как нагрузка на компрессор доведена до максимальной и устранены все неполадки, выявленные при пробном пуске и двухчасовой обкатке, компрессор пус-



кают на непрерывное испытание под нагрузкой, длительность которого в зависимости от типа и назначения компрессора указана в табл. 4.

Наблюдения за работой компрессора в период испытаний под нагрузкой и показания всех основных приборов записывают в вахтенный журнал, который ведет обслуживающий персонал (см. с. 203). Если при непрерывном испытании компрессор останавливают по причинам, не связанным с его работой (прекращение подачи электроэнергии, воды, неправильное срабатывание автоматики и т. п.), а также для устранения мелких неисправностей (поломка пластины клапана, пружины, замена прокладки и др.), то испытания продолжают с учетом времени до вынужденной остановки компрессора.

**Ревизия и сдача компрессора.** Прошедший непрерывное испытание компрессор подвергают ревизии основных узлов для проверки приработки трущихся деталей. Попутно устраняют выявленные дефекты.

При ревизии проверяют приработку пластин всасывающих и нагнетательных клапанов и одновременно выполняют их чистку. Осматривают рабочие поверхности цилиндра, поршней и поршневых колец. Проверяют состояние штоков и уплотняющих их сальников. Подвергают ревизии масляные фильтры грубой и тонкой очистки и одновременно проверяют качество масла после непрерывного испытания. Отработавшее масло чаще всего заменяют.

В горизонтальных компрессорах согласно СНиП (а в других компрессорах, если это предусмотрено инструкцией) производят осмотр и проверку приработки вкладышей коренных и шатунных подшипников. Обычно вскрывают по одному коренному подшипнику, по одному комплекту подшипников шатуна и крейцкопфному пальцу. Выбирают те детали, нагрев которых при работе был наибольшим. При общем повышенном нагреве ревизии подвергают все узлы.

Осмотр деталей и последующую их сборку после ревизии следует выполнять под наблюдением лиц, проводивших непрерывное испытание. При сборке выдерживают все ранее установленные зазоры, для того чтобы не нарушить взаимную приработку деталей, достигнутую при обкатке. На вкладышах подшипников можно сшабрить и зачистить небольшие местные натирывы и утолщения баббита по краям вкладышей без общей шабровки всей поверх-

ности. Толщину наборов прокладок, устанавливаемых в стыках, сохраняют. Затяжка резьбовых соединений после ревизии узлов должна соответствовать первоначальной.

Правильность сборки проверяют заключительным контрольным испытанием на воздухе или азоте на том же режиме, при котором проводили непрерывное испытание. Окончание испытания после монтажа и передача воздушных компрессоров в эксплуатацию, в газовых — для комплексного опробования оформляют актом.

К сдаточному акту должна быть приложена вся монтажно-техническая документация, характеризующая качество выполненных работ. В состав ее входят: акты приемки фундамента компрессора под монтаж, акты и формуляры промежуточных проверок, составленные и заполненные в ходе монтажа, акты испытания компрессора под нагрузкой (холодильных компрессоров только вхолостую), комплект монтажных чертежей, вся исполнительная документация на трубопроводы и межступенчатую аппаратуру (см. с. 186).

**Обслуживание компрессора.** В период подготовки, пробных пусков и испытаний компрессор должен находиться под наблюдением обслуживающего персонала, при этом должны выполняться все эксплуатационные требования по его содержанию и обслуживанию.

*Измерительные приборы.* При работе компрессора осуществляется постоянный контроль за показаниями приборов на щите управления и за действием световой и звуковой сигнализации, оповещающей о работе систем и отклонениях величин давления и температуры от заданных. Все манометры, термометры сопротивления и ртутные, а также другие приборы должны быть проверены, и исправность их подтверждена поверочными паспортами, а исправность манометров — пломбой с указанием года поверки.

Необходимо следить за нормальным заполнением маслом гильз термометров, регулярной продувкой манометровых линий. Для проведения продувки манометры вывинчивают из гнезда в корпусе крана, а при наличии трехходового крана — отключают от продуваемой линии. Проверяют действие предохранительных клапанов, первоначальную регулировку которых выполняют в мастерской до установки на место. Проверку проводят с помощью специальных подрывных приспособлений: для работаю-

щих на давлении до  $12 \text{ кгс/см}^2$  — ежедневно, при давлении свыше  $12 \text{ кгс/см}^2$  — сроки по инструкции, но не реже одного раза в 6 мес. После закрытия предохранительный клапан должен быть полностью герметизирован. Периодически продувают импульсные трубки датчиков. Частота и длительность продувок приведены в инструкции.

Показания приборов через каждые 1—2 ч заносят в вахтенный журнал, в котором помимо календарной даты и времени снятия показаний отмечают давление воздуха или азота после каждой ступени сжатия, давление масла в системах циркуляционной смазки и промывки сальников, давление воды в системе охлаждения. Далее записывают температуру: газа на всасывании, после цилиндра и после холодильника на каждой ступени сжатия; входящей и выходящей воды во всех линиях охлаждения; масла в циркуляционной системе после выхода из подшипников и после масляного холодильника. Фиксируют уровни масла в масляном баке и резервуаре лубрикатора, а также количество вновь залитого масла.

Отмечают все отклонения от нормальной работы компрессора, его систем и межступенчатых коммуникаций, все остановки и пуски — плановые и вынужденные. Для последних указывают причины неполадок и характер принятых мер.

Под записями ставят подписи дежурный, а также принимающий и сдающий смену.

*Компрессор* при работе прослушивают. При устойчивом режиме и нормальных зазорах не должно быть стуков, ударов и различных посторонних шумов. С появлением резких стуков и ударов компрессор немедленно останавливают, а с появлением слабых — уточняют их причину и выясняют возможность дальнейшей работы. Наблюдают, нет ли пропусков через сальники и фланцевые соединения. Периодически осматривают качающиеся опоры цилиндров и сравнивают их положение при работе с положением их в нерабочем состоянии.

Проверяют температуру коренных подшипников по записям самопишущих приборов, которые при превышении предельной температуры дают световой или звуковой сигнал, и по ртутным термометрам, установленным в специальные карманы в крышках подшипников, заполненные маслом. В компрессорах, не оборудованных приборами, проверку нагрева ведут на ощупь рукой, которая в состоянии выдержать температуру до  $55\text{—}60^\circ \text{C}$ . Тем-

пературу нагрева сальников и направляющих параллелей проверяют переносными термометрами сопротивления или на ощупь. При нагреве трущихся деталей свыше  $60^{\circ}\text{C}$  компрессор должен быть остановлен для устранения причин, вызывающих перегрев. Последующий пуск следует производить только после остывания нагретого узла.

При остановках проверяют затяжку анкерных болтов, шпилек коренных подшипников, шатунных болтов, пальца крейцкопфа, соединительной муфты штока с крейцкопфом, шпилек цилиндров. Необходимо регулярно протирать компрессор, не допуская подтеков масла в загрязнение.

*Система смазки.* По манометру проверяют давление масла в напорном трубопроводе после масляного фильтра. При падении избыточного давления ниже допустимого минимального (ниже  $1,5\text{ кгс/см}^2$ ) немедленно проверяют плотность соединений, регулируют перепускной клапан и переключают на очищенную секцию масляный фильтр. Если давление, несмотря на принятые меры, падает ниже запретного (ниже  $1,2\text{ кгс/см}^2$ ) и не срабатывает автоматика, то компрессор останавливают вручную.

Уровень в масляном баке не должен быть ниже половины хода поплавкового указателя уровня, а в лубрикаторе — не ниже половины смотрового стекла резервуара. Доливают масло свежее, профильтрованное. В лубрикаторы масло доливают 2—3 раза в смену. Уровень масла в картере, а также в выносном подшипнике с кольцевой смазкой не должен быть ниже середины стекла указателя уровня. В редуктор агрегата смазки и механизма поворота вала масло доливают по мере надобности. Периодически через 3—4 ч очищают очередную секцию фильтра грубой очистки. Степень загрязнения фильтра определяют по перепаду давления до и после фильтра. Подключение фильтра тонкой очистки производят в зависимости от степени загрязнения масла в системе циркуляционной смазки. Производительность фильтра обычно составляет 15—25% от производительности шестеренчатого масляного насоса. Поэтому масло направляется в фильтр через каждые 7—10 циклов. Каждые 4 ч очищают от грязи фильтрующую сетку, установленную на конце заборной трубы в масляном баке. Для машин, находящихся в эксплуатации, полная очистка маслонасосов и лубрикатора должна производиться ежемесячно.

Контролируют по термометру температуру масла в системе циркуляционной смазки. Она не должна превышать: перед холодильником  $45^{\circ}\text{C}$ , после —  $20\text{--}25^{\circ}\text{C}$ . Температура в помещении и соответственно температура масла не должна опускаться ниже  $15^{\circ}\text{C}$ . В крайнем случае вместо охлаждающей воды к холодильнику масла подводят пар для подогрева масла до температуры  $20\text{--}25^{\circ}\text{C}$ . Змеевик для подогрева масла имеется также в корпусе некоторых конструкций лубрикаторов. Холодильник масла выключают, если температура масла на входе в него не превышает  $20^{\circ}\text{C}$ .

Подачу смазки к отдельным точкам контролируют: в системе цилиндровой смазки пробными краниками на обратных клапанах и по смотровым стеклам лубрикатора, через которые поступает масло в каждую линию; в системе циркуляционной смазки — по манометру.

Каждая смена проверяет смазку качающихся опор цилиндров, наблюдает за плотностью всех фланцевых соединений и своевременным сливом отработавшего масла в масляный бак, следит за действием маслоснимателей. При неисправности последних масло из механизма движения попадает в сальники и закоксуется.

*Система охлаждения.* Проверяют по манометру давление воды в магистрали и системе, которое должно составлять  $2\text{--}4$  кгс/см<sup>2</sup>, и подачу воды ко всем узлам компрессора, межступенчатым и масляному холодильникам. Разность температур свежей и отработанной воды поддерживают в пределах  $10^{\circ}\text{C}$ . Температура отходящей воды не должна превышать  $45^{\circ}\text{C}$ . Приток свежей воды регулируют, открывая задвижки на подводящей магистрали или вентили на отдельных линиях. Периодически проверяют плотность фланцевых соединений.

При прекращении подачи воды или падении давления ниже нормы компрессор немедленно останавливают. Следят также за качеством охлаждающей воды. При повышенном содержании солей и осадков загрязняются водяные рубашки цилиндров и трубок холодильников, уменьшается их теплоотдача, что вызывает повышенный расход воды. Необходимость осмотра и очистки водяных полостей при испытании определяется качеством воды, применяемой для охлаждения.

*Трубопроводы и аппараты.* Для выявления возможных неплотностей и пропусков периодически, 1—2 раза в смену, осматривают все соединения. Подтягивание соединений

следует производить только после сброса давления. Под особым наблюдением должны находиться соединения труб и аппаратов, подверженных вибрациям. Регулярно через продувочные вентили продувают холодильники и влагомаслоотделители всех ступеней. Если в инструкции не указан режим продувок, то продувка холодильников и влагомаслоотделителей производится 2 раза в смену. Воздухогазосборники продуваются 2 раза в смену и при наличии концевого холодильника и водомаслоотделителя— один раз в смену. Частота продувок для многоступенчатых компрессоров: первые три ступени через 1 ч, остальные ступени через 2 ч. Продувка выполняется автоматически или вручную. Длительность продувки 2—3 мин.

Давление и температуру по ступеням поддерживают в пределах нормальных расчетных значений, указанных в инструкциях. Падение давления по сравнению с расчетным не должно превышать 5% (от расчетного) в то же время давление не должно увеличиваться до предельного, на которое установлены предохранительные клапаны.

При увеличении давления сверх допустимого должны срабатывать предохранительные клапаны.

Сжатие по ступеням должно осуществляться равномерно. Значительные отклонения свидетельствуют о неисправности всасывающих или нагнетательных клапанов (см. с. 215), отклонение температур говорит о нарушениях в системе охлаждения или неисправности соответствующего холодильника. Периодически при остановках компрессора проверяют затяжку креплений и опор.

*Электродвигатель.* Контролируют температуру нагрева подшипников, обмоток, сердечников катушек, статора, действие и герметичность системы обдува. Под наблюдением должны находиться приборы и сигнальные лампы на щите, характеризующие бесперебойную подачу электроэнергии для питания электродвигателя.

## **НАЛАДКА КОМПРЕССОРОВ**

Под наладкой компрессора подразумевается приведение его в работоспособное состояние. К наладке приступают еще в период сборки и завершают при пробных пусках и обкатках, проверяя и регулируя взаимодействие и работу всех деталей, узлов и систем. При наладке устра-

няют чрезмерный нагрев трущихся деталей и узлов, стуки и удары и другие дефекты, являющиеся обычно результатом неправильной сборки а также регулируют машину для получения заданной производительности.

**Компрессор должен быть немедленно остановлен** во избежание аварии, если при наладке: 1) падает давление в системе циркуляционной смазки и системе промывки сальников ниже  $1,2 \text{ кгс/см}^2$ ; 2) прекращается подача охлаждающей воды; 3) прекращается подача смазки к одной из точек в системе цилиндровой смазки; 4) значительно повышается давление или температура в одной из ступеней; 5) нагреваются выше нормы коренные подшипники и другие трущиеся детали, причем нагрев не прекращается после увеличения подачи смазки; 6) появляются значительные пропуски газа через сальники компрессора или соединения трубопроводов и аппаратов; 7) появляются сильные стуки и удары в механизме движения и в цилиндрах или заметно увеличились вибрации компрессора, аппаратов и трубопроводов; 8) повышается температура обмоток электродвигателя или нарушается работа системы его обдува; 9) выходят из строя щит управления и основные измерительные приборы; 10) в помещении возникает пожар.

При аварийных ситуациях необходимо всегда быть готовым остановить компрессор вручную (см. с. 192), так как в период наладки может отказать система автоматической защиты.

**Устранение стуков.** Ниже приведены возможные причины появления стуков и ударов в механизме движения компрессора. Определение места их возникновения требует определенного опыта и проводится обычно прослушиванием корпуса работающего компрессора в различных точках и последовательным просмотром узлов.

*Стуки в цилиндровой группе.* 1. Наличие нагара масла в виде уступа на зеркале цилиндра в конце хода поршня или образование уступа в связи с длительным сухим трением поршня о зеркало цилиндра и отсутствием у последнего конической расточки для перебега колец. Стук возникает при соприкосновении уступа и поршневого кольца. Устраняется стук очисткой зеркала цилиндра от нагара, опиливанием и сшабриванием уступа. Нагар возникает от применения некачественного масла, а также от избыточного количества масла при плохом охлаждении цилиндров. Нагар создает копоть на стенках цилиндра и

поршня, увеличивая их износ. Повышенное трение вызывает перегрев цилиндра и увеличение расхода электроэнергии.

Во избежание образования уступа перебег поршневых колец в пределах 2—4 мм относительно зеркала цилиндра следует обеспечивать при монтаже.

2. Ослабление посадки поршня на штоке. Характеризуется двойным стуком в момент прихода поршня в крайние положения при ударе его о бурт штока и о гайку. Возникает этот дефект от недостаточной затяжки гайки, крепящей поршень на штоке, и отсутствия стопорящего ее шплинта. Повлиять могут также некачественные прокладки, устанавливаемые между поршнем и буртом штока при регулировке мертвых пространств цилиндра, в результате смятия на них заусенцев или самого материала прокладки при работе. Окончательную затяжку гайки, крепящей поршень на штоке, проводят ударом небольшой кувалдой по ключу, затем надо застопорить гайку шплинтом или специальной шайбой.

3. Недостаточная величина мертвого пространства, при этом поршень касается крышки цилиндра. Это дефект — результат неправильного монтажа. Устраняют его путем регулирования мертвых пространств и доведения линейного зазора между торцами поршня и крышками до нормы одним из способов, указанных на с. 126.

4. Слишком свободная посадка колец в канавках поршня. Обнаруживают по стуку при перемене направления хода поршня от касания колец о стенки канавок. Этот недостаток — результат установки колец с предельным или чрезмерным зазором по высоте. Устраняют заменой колец на более высокие и обеспечением хорошей пригонки и нормального зазора между кольцом и стенкой канавки.

5. Попадание в цилиндр воды, которая скапливается в мертвом пространстве и может вызвать гидравлический удар. Вода может просочиться из полостей охлаждения цилиндра по трещинам, не обнаруженным при монтаже. Трещины могут возникнуть также в случае значительного перегрева цилиндра при перебоях в охлаждении. Места просачивания воды в цилиндр томпируют жидким стеклом или путем чеканки и металлизации. При больших трещинах применяют сварку или гужонирование. Гидравлический удар может быть вызван также скоплением в мертвом пространстве масла при слишком большой его подаче или из-за плохой работы маслоотделителей преды-



душих ступеней, в связи с чем воздух или азот поступают с большим содержанием масла. Для предупреждения гидравлического удара обеспечивают нормальную подачу масла в каждый цилиндр ввертыванием регулирующих винтов лубрикатора и продувками маслоотделителей. Параллельно проверяют линейные зазоры мертвого пространства.

Последствиями гидравлического удара бывает повреждение поршня или крышки, изгиб штока, шатуна и даже коленчатого вала. Поэтому перед последующим пуском следует тщательно осмотреть весь механизм движения и цилиндры компрессора.

6. Заедание, износ и поломка поршневых колец, возникающие в результате недостаточной смазки или усиленного нагарообразования при использовании некачественного масла. Заедание устраняют усиленной подачей смазки. Износ характеризуется постепенным увеличением стука во время работы, стук устраняют сменой колец. Поломка колец может возникнуть в результате уменьшения толщины при износе и заедании в канавке при большом нагарообразовании. Может сказаться также низкое качество металла колец. Обломки колец обычно заклиниваются в канавках поршня и вызывают задир зеркала цилиндра. Попадание обломков в мертвые пространства сопровождается резкими ударами и может вызвать поломку поршня, крышки, изгиб штока или шатуна (для бескрейцкопфных компрессоров).

7. Износ баббитовой подушки на скользящем поршне. Стук возрастает по мере износа подушки и увеличения верхнего зазора между поршнем и зеркалом цилиндра, зазор необходимо периодически проверять в период обкатки через клапанные окна. Этот дефект вызван недостаточной смазкой, применением некачественного масла (склонного к нагарообразованию или имеющего большое количество механических примесей). Может влиять также плохая очистка воздуха или азота, с которыми в цилиндр попадают грязь и пыль. Повышен износ также при плохой обработке зеркала цилиндра. В последнем случае после некоторого периода приработки производят смену поршневых колец и перезаливку подушки.

8. Значительный перекося осей цилиндра и коленчатого вала, а также перекося осей цилиндра и направляющих крейцкопфа, являющиеся результатом плохого монтажа. Стук возникает сразу же после пуска, так как поршень

в начале и конце хода касается зеркала цилиндра в диаметрально противоположных точках («броски поршня»). Длительная работа ведет к неравномерной выработке зеркала и образованию на нем уступа.

«Скрип» в цилиндрах возникает из-за отсутствия или недостаточной смазки, так как появляется сухое трение поршня о зеркало. Скрип может быть вызван также перекосом сальника при неправильной его сборке. В первом случае необходимо проверить и отрегулировать подачу смазки, во втором — перебрать сальник.

*Стук в клапанах.* 1. Поломка пластины клапана, которая может возникнуть из-за повышенной ее твердости (результат неправильной термообработки) или из-за перекоса при посадке в седло, если пластина имеет большой люфт в посадочном отверстии. Поломанную пластину заменяют на другую с нормальной твердостью, перекос при посадке устраняют, подбирая отжимные пружины равной жесткости.

2. Недостаточно плотное прижатие седла клапана фонарем и крышкой; устраняют установкой кольцевой прокладки из медной проволоки между фонарем и крышкой и плотным обжатием крышки.

3. Касание торцом поршня седла клапана в связи с углубленной посадкой седла в гнезде. Возникает из-за неправильной обработки гнезда или установки под седло прокладки меньшей толщины. Стук устраняют установкой под седло более толстой прокладки.

4. Поломка или ослабление пружин клапана из-за неправильной их термообработки. Обычно пружины заменяют комплектом, жесткость пружин, составляющих комплект, должна быть одинаковой.

5. Разрушение прямого клапана как результат недостаточно плотного обжатия его элементов, седла и упругой пластины стяжными кольцами и неправильной установки клапана в гнезде не по ходу газа. Разрушенный клапан заменяют.

*Стук в подшипниках.* 1. Отсутствие или недостаточное количество смазки, поступающей к данному подшипнику, связанное с понижением давления масла в системе, малым количеством масла в масляном баке, засорением маслоподающей трубки или масляных каналов, просверленных в деталях (коленчатом валу, корпусе крейцкофа и др.), «зависанием» перепускного клапана. Засоренные трубки и каналы продувают сжатым воздухом и при необходи-

мости прочищают проволочным ершом; перепускной клапан подвергают ревизии и регулируют.

2. Чрезмерные зазоры между шейкой коленчатого вала (пальцем крейцкопфа) и вкладышем подшипника. Возникают при небрежном монтаже, ослаблении затяжки болтов или шпилек, оседании или износе баббита вкладыша. При больших зазорах стук появляется сразу же после пуска, при небольших — стук появляется не сразу и постепенно усиливается. В коренных подшипниках для регулировки зазора подтягивают клинья боковых вкладышей и уменьшают толщину наборов прокладок в стыках между половинками вкладышей или между боковым, верхним и нижним вкладышами (в зависимости от конструкции подшипника).

В шатунном головном подшипнике подтягивают клин или уменьшают количество прокладок в стыке вкладышей, в крейцкопфном — подтягивают натяжной клин. Обеспечивают нормальную затяжку крышек подшипников. Перезаливку вкладышей производят, если исчерпан набор прокладок или слишком велик зазор в холодных подшипниках. В последнем случае можно ограничиться наплавкой баббита.

3. Ослабление посадки пальца крейцкопфа — результат его быстрого износа в случае, если поверхность пальца не цементирована или палец недостаточно затянут из-за плохой пригонки его конусов по гнездам крейцкопфа. Не следует устанавливать пальцы, не прошедшие термобработки. Пригонку конусов обязательно проверяют по краске.

*Стук в направляющих.* 1. Недостаточное поступление смазки через верхнюю направляющую или крейцкопф. Этот дефект связан с падением давления масла в системе или засорением масляных каналов, устраняется восстановлением давления масла до нормального и продувкой каналов.

2. Чрезмерный зазор между башмаком крейцкопфа и направляющей из-за небрежной сборки или осадки баббита. Зазор доводят до нормального установкой прокладок между башмаками и корпусом крейцкопфа, при этом проверяют совпадение осей отверстия крейцкопфа и штока.

**Устранение чрезмерного нагрева.** *Нагрев цилиндров.* 1. Недостаточная подача смазки лубрикаторм. Подачу увеличивают ввертыванием винтов, ограничивающих свободный ход коромысла плунжера. При загрязнении

маслоподводящих трубок и каналов их продувают воздухом. Подачу смазки проверяют открытием пробного крана или по смотровому стеклу.

2. Отсутствие или недостаточная подача охлаждающей воды, обнаруживаемые по падению давления на манометре на подающей водяной линии, по напору на сливе в воронку, по температуре воды на сливе. Для увеличения подачи воды открывают соответствующие задвижки. В случае прекращения подачи воды компрессор останавливают.

3. Недостаточный тепловой зазор в стыке поршневых колец. При удлинении кольца смыкаются и трение их о зеркало цилиндра возрастает даже при увеличении подачи смазки. Малый тепловой зазор в стыке колец вызывает задиры на зеркале цилиндра и поломку колец. Возможны также заклинивание поршня и трещины в цилиндре.

*Нагрев штоков.* 1. Недостаточная смазка сальников, сопровождаемая пропуском сжимаемого воздуха или азота. Устраняется этот недостаток так же, как нагрев цилиндра из-за недостаточной смазки.

2. Нарушения в пригонке и сборке сальников, вызывающие перекосы и неправильный нажим уплотняющих и замыкающих колец на шток. Нагрев возникает сразу же при пуске и проверяется на ощупь. Может появиться и стук. При значительном трении сальник начинает дымиться. Устраняется этот дефект более тщательной пригонкой и сборкой.

*Нагрев подшипников.* 1. Чрезмерная затяжка и недостаточный зазор во вкладышах, ограничивающие поступление смазки и вызывающие сухое трение.

Зазоры проверяют и регулируют при монтаже. Нагрев может вызвать также ослабление затяжки шпилек и чрезмерное увеличение зазора во вкладышах, что приводит к потерям масла.

2. Недостаточная подача смазки, вызываемая засорением фильтра грубой очистки или маслопровода, неисправностью масляного насоса, большим открытием перепускного клапана, низкой температурой масла, падением уровня масла в картере (при смазке разбрызгиванием). Необходимо каждые 2—4 ч переключать масляный фильтр, следить за открытием перепускного клапана и уровнем масла в картере. При низкой температуре в помещении подогревают масло, пропуская пар через змеевик в масляном баке или через холодильник масла вместо воды.

3. Применение несоответствующего сорта масла, которое при пониженной вязкости не будет создавать масляной пленки, а при повышенной — будет неравномерно распределяться по поверхности трения.

4. Масло загрязнено или смешано с водой. Посторонние включения в масле, попадая во вкладыш, увеличивают трение, создают задиры на трущихся поверхностях и вызывают местный износ баббита, при наличии воды разрывается масляная пленка. Не следует применять неочищенное масло или работать без масляного фильтра. Периодически надо проверять герметичность водяных полостей холодильника масла, чтобы не допустить попадания воды в масло.

5. Перекос осей подшипников и шеек вала, осей подшипников относительно осей цилиндров, а также перекосы в кривошипно-шатунном механизме. Указанные дефекты приводят к возникновению местного трения, которое вызывает быстрый нагрев, при этом возможны расплавление баббита и задиры поверхностей сопряженных деталей. Выявляют и устраняют перекосы проверкой и приведением к норме зазоров и взаимного расположения соединяемых деталей, центровкой рамы, направляющих и цилиндров, правильной укладкой колнечатого вала.

6. Плохая пригонка вкладышей к шейкам колнечатого вала (пятна краски распределены по поверхности прилегания неравномерно и охватывают менее 25—30% всей площади), недостаточный осевой зазор в упорном подшипнике и отсутствие осевого разбега в остальных подшипниках, неправильная припиловка по валу галтелей вкладыша, наличие в баббите вкладыша мелких трещин, вызывающих утечку масла. Все дефекты устраняют тщательной шабровкой вкладышей и соблюдением нормальных зазоров. Трещины в баббите заглавливают.

7. Конусность или овальность шеек вала, являющаяся результатом неправильной обработки или износа. При укладке вала следует произвести обмер шеек и сравнить полученные данные с указанными в заводском формуляре. Исправление геометрии шеек проводят на токарном станке или опиловкой и шлифовкой шеек вручную при наличии достаточного опыта.

*Нагрев башмаков крэйцкопфа.* 1. Недостаточный зазор между верхним башмаком и направляющей. Регулируют установкой дополнительных прокладок между башмаком и крэйцкопфом.

2. Коническая форма направляющей, что вызывает повышенное трение в конце хода крейцкопфа. Устраняют дополнительной шабровкой поверхности направляющей по линейке.

**Устранение пропусков в сальниках.** 1. Масло не поступает в камеры сальников и на шток поршня. Проверяют подачу масла по контрольному крану на обратном масляном клапане на сальнике или смотровому стеклу лубриката, регулируют винтом подачу.

2. Отсутствие зазора в стыках разрезных частей кольца после сборки его на штоке, износ колец по внутреннему диаметру, вызывающий постепенное уменьшение зазора и даже полное смыкание стыков. Для устранения этого недостатка припиливают стыки, изношенные кольца заменяют.

3. Шток имеет прогиб, местный износ и риски. Прогиб проверяют по биению при установке в центрах, износ — обмером микрометром и осмотром. Погнутый шток правят или шлифуют (если прогиб не превышает допустимый) или заменяют. Изношенный шток шлифуют при условии, если износ не превышает глубины цементированного слоя. При перешлифовке штока кольца сальников заменяют.

4. Ослабление или поломка браслетной пружины, стягивающей кольца, уплотняющего или замыкающего элемента на штоке. Сальник перебирают и некачественные пружины заменяют.

5. Чрезмерный зазор между уплотняющими элементами и опорной поверхностью камеры. Для уменьшения зазора уплотняющий элемент меняют на более утолщенный.

**Устранение дефектов в системах смазки.** 1. Снижение давления в системе циркуляционной смазки, вызванное: увеличением зазоров во вкладышах подшипников, износом или неисправностью шестеренчатого насоса, засорением масляного фильтра и холодильника, неисправностью или неправильной установкой перепускного клапана, неплотностями в стыках и соединениях, низкой вязкостью (в связи с нагревом или заменой марки) масла, попаданием в масло воды; устраняется ликвидацией перечисленных дефектов.

2. Значительное уменьшение количества масла в системе циркуляционной смазки из-за пропусков масла в соединениях и возможного уноса масла в цилиндр, приле-

гающий к раме. Устраняют этот недостаток лучшей пригонкой маслоснимателя и уплотнением системы.

3. Нагрев обратных клапанов системы цилиндровой смазки, возникающей из-за неплотностей в обратных клапанах и устраняемый дополнительной проточкой седла, а также притиркой, заменой или установкой сдвоенных клапанов.

4. Уменьшение подачи смазки лубрикатором. Вызывается засорением сетки фильтрации масла, поступающего в насосную секцию, плохим уплотнением или засорением всасывающей трубки и засорением маслопроводов. Устраняют этот дефект очисткой, промывкой и продувкой деталей сжатым воздухом. Причиной плохой подачи масла может быть также неисправность привода.

**Устранение дефектов, вызывающих нарушение режима работы компрессора. Падение производительности.**

1. Неплотности во всасывающих или нагнетательных клапанах цилиндра первой ступени; неплотное перекрытие седла пластиной, заедание пластины в направляющих выступах, сквозные раковины и риски на уплотнительном пояске седла, трещины в пластине или седле, неправильная установка прокладки под клапаном. Обнаруживаются эти недостатки по нагреву пропускающего газ клапана. Неплотности и заедания устраняют снятием нагара масла, притиркой пластин по плите или перешлифовкой на станке. Практикуется также переворачивание пластин и притирка их к седлу неработающей стороной. Испорченные детали заменяют.

2. Пропуски через поршневые кольца в цилиндре первой ступени из-за плохой их пригонки к зеркалу цилиндра или из-за их значительного износа. Поршневые кольца заменяют, тщательно пригоняя их к канавкам поршня и зеркалу цилиндра.

3. Засорение фильтра или неполное открытие задвижки на всасывающем трубопроводе.

4. Чрезмерно жесткие или, наоборот, ослабленные пружины на всасывающем клапане первой ступени, в связи с чем запаздывает его открытие или закрытие. Пружины заменяют.

*Повышение давления в одной из ступеней* (кроме первой ступени). 1. Поломка пластин или пропуски газа всасывающим клапаном цилиндра, следующего за ступенью, в которой повысилось давление. Обнаруживают

это по нагреву соответствующего клапана и падению давления нагнетания за данным цилиндром.

2. Неполное открытие вентилей и задвижек на линии нагнетания за цилиндром, в котором повысилось давление.

3. Пропуски газа поршневыми кольцами или поломка колец в конечных ступенях сжатия компрессора, при этом падает давление за цилиндром, в котором имеет место пропуск.

4. При работе холодильных компрессоров на установленном режиме повышение давления на линии нагнетания может быть вызвано также наличием воздуха в системе.

*Повышение температуры по ступеням.* 1. Пропуски газа или поломка пластин во всасывающих и нагнетательных клапанах. Отклонение температуры от допускаемой определяют по термометру, установленному после соответствующей ступени.

Пропуски газа в клапанах выявляют по нагреву всасывающих клапанов цилиндра, следующего за ступенью, в которой повысилась температура, и по нагреву нагнетательных клапанов цилиндра перед этой ступенью.

2. Неисправность холодильника, предшествующего данной ступени, в связи с загрязнением стенок, пропусками газа или недостаточной подачей воды для охлаждения. Пропуски сжатого воздуха в охлаждающую воду из-за неплотностей трубок холодильника или из-за других причин обнаруживают по пульсации (с толчками) воды на сливе из данной линии в воронку.

3. Повышенная температура воздуха на всасывании из-за неисправности нагнетательных клапанов предыдущей ступени (для первой ступени из-за значительного повышения температуры окружающей среды).

**Регулирование производительности.** В зависимости от типа компрессора предусматривается регулирование его производительности в пределах 30—35% от номинальной. Оно производится отжимом пластин всасывающих клапанов одной или обеих полостей цилиндра первой ступени. В многоступенчатых компрессорах с промежуточным отбором газа отжимное приспособление ставят также на цилиндре одной из промежуточных ступеней (обычно четвертой). Действие отжимного приспособления основано на том, что в первый период сжатия часть воздуха выбрасывается через открытые щели всасывающего клапана (см. рис. 67). Затем при возрастании скорости движения поршня к середине хода напор воздуха увеличится, преодолит



давление пружины, отжимающей пластины, и клапан закрывается. После этого начинается сжатие оставшегося в цилиндре воздуха. Отжимное приспособление включается с помощью маховика вручную или автоматически.

Для снижения производительности более чем на 30—35% от номинальной или при неисправном отжимном приспособлении пользуются байпасной линией первой ступени. В этом случае регулирование проводят вручную открытием вентиля. Снижение производительности первой ступени при включении отжимного приспособления или байпаса вызывает соответствующее снижение производительности в последующих ступенях. Величину отжима пластин для заданного снижения производительности контролируют по градуированной шкале, установленной у маховичка отжимного приспособления.

При регулировании байпасом, а также при отсутствии градуированной шкалы снижение производительности определяют более приближенно по падению давления нагнетания первой ступени и при промежуточном регулировании — по падению давления нагнетания после цилиндра, имеющего отжимное приспособление. Величина уменьшения давления нагнетания при снижении производительности компрессора на 1% дана в инструкции. Приближенно снижение производительности в %:

$$K = \frac{p_n}{p_{100}} 100,$$

где  $p_n$  — действительное избыточное давление нагнетания первой ступени, определенное по манометру, в кгс/см<sup>2</sup>;  $p_{100}$  — избыточное давление в той же ступени при 100%-ной производительности в кгс/см<sup>2</sup> (дано в инструкции).

Давление во всех ступенях компрессора можно взять из инструкции или подсчитать.

Для регулирования производительности при работе компрессора указатель маховичка отжимного приспособления ставят против соответствующего деления шкалы или по показаниям манометра снижают давление в первой ступени до заданной величины. Одновременно проверяют давление и температуру воздуха во всех остальных ступенях. Необходимо следить за подачей охлаждающей воды, так как температура сжатого воздуха при работе со сниженной производительностью может быть несколько выше обычной во второй и последующих ступенях. При уменьшении производительности разность температур воды

до и после каждой ступени компрессора не должна превышать 10—12° С.

При пуске компрессора с пониженной производительностью отжимное приспособление заранее ставят в крайнее положение для полного отжатия пластин всасывающего клапана или в заданное положение по шкале. После достижения компрессором номинальных оборотов в первом случае указатель маховичка отжимного приспособления ставят на требуемую отметку по шкале, а затем в обоих случаях производят корректировку заданной производительности по показаниям манометра, установленного после первой ступени. Пуск, обслуживание и остановку компрессора проводят как обычно.

В небольших и средних компрессорах производительность регулируется автоматически по изменению давления на линии нагнетания или в ресивере. В зависимости от принятой схемы производительность можно регулировать. а) автоматическим отжатием пластин всасывающего клапана через пневматический регулятор и реле, смонтированные на его крышке и реагирующие автоматически на изменение давления нагнетания; б) перекрытием с помощью пневматического регулятора 1 клапана 5 на всасывающем трубопроводе и перепуском газа из линии нагнетания 7 в линию всасывания 8 (рис. 78).

При повышении давления выше нормы срабатывает пневматический регулятор 1, воздух, преодолевая массу груза 2, приподнимает его и через открывшееся при этом отверстие поступает к пневматическому устройству комбинированного запорного клапана 3 на линии всасывания 8. При движении вниз шпинделя пневматического устройства 4 клапан 5 перекрывает линию всасывания 8 и одновременно клапан 6 открывает байпасную линию 9. Монтаж и наладку регуляторов производят организации, монтирующие контрольно-измерительные приборы.

**Индицирование компрессора.** Индикаторные диаграммы снимают при испытании компрессора для более точного выявления возможных неисправностей в клапанах, сальниках и поршневых кольцах, для проверки действия регулирующих устройств и градуировки их шкал, а также для определения действительной производительности компрессора. Индицирование проводят при пуско-наладочных работах, проводимых по специальной программе.

Индикаторная диаграмма позволяет судить о всех фазах сжатия воздуха в данной полости цилиндра и нару-

шениях процесса. Диаграмму снимают с помощью механического индикатора давления. Индикатор (рис. 79) имеет корпус 3, в котором закреплен цилиндр 1. Поршень 2 перемещается под давлением воздуха в цилиндре 1, сжимает тарированную пружину 4 и перемещает рычаг 5

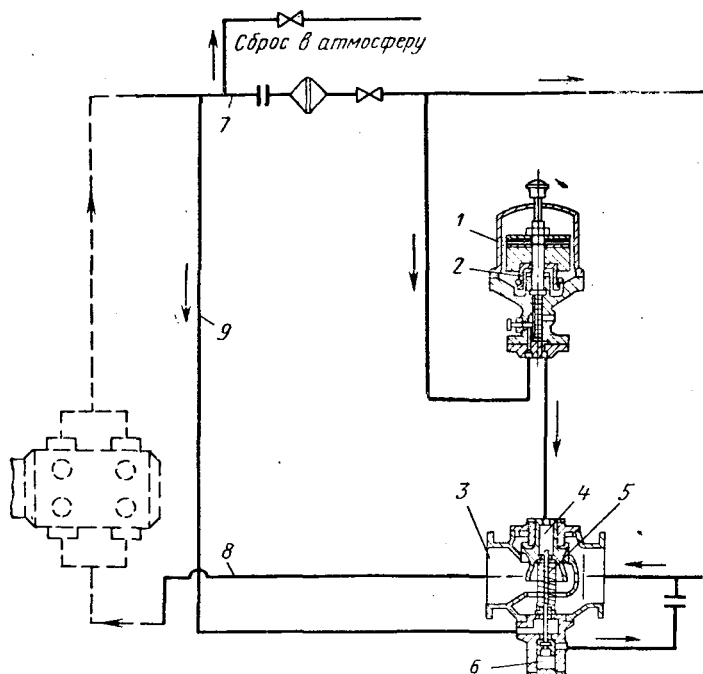


Рис. 78. Схема автоматического регулирования производительности компрессора:

1 — регулятор производительности; 2 — груз; 3 — комбинированный запорный клапан; 4 — пневмоустройство запорного клапана; 5 — клапан линии всасывания; 6 — клапан байпасной линии; 7 — линия нагнетания; 8 — линия всасывания; 9 — байпасная линия

пишущего механизма, на конце которого закреплен карандаш 6, скользящий по бумаге на барабане 9. Последний вращается в одну сторону с помощью шнура 7, соединенного через ходоуменьшитель с крейцкопфом компрессора, и в другую — с помощью возвратной пружины 8.

Индикатор типа 50 (диаметр барабана равен 50 мм) рассчитан на минимальную частоту вращения компрессора до 500 об/мин при давлении до 1500 кгс/см<sup>2</sup> и позволяет снимать диаграмму высотой 50 мм и длиной 90—120 мм.

Индикатор имеет пять комплектов сменных втулок и поршней, маркируемых по площади поршня 1/1, 1/2, 1/5, 1/20 и 1/50 для избыточных давлений соответственно 30, 60, 150, 600 и 1500 кгс/см<sup>2</sup>. К индикатору приложены двенадцать

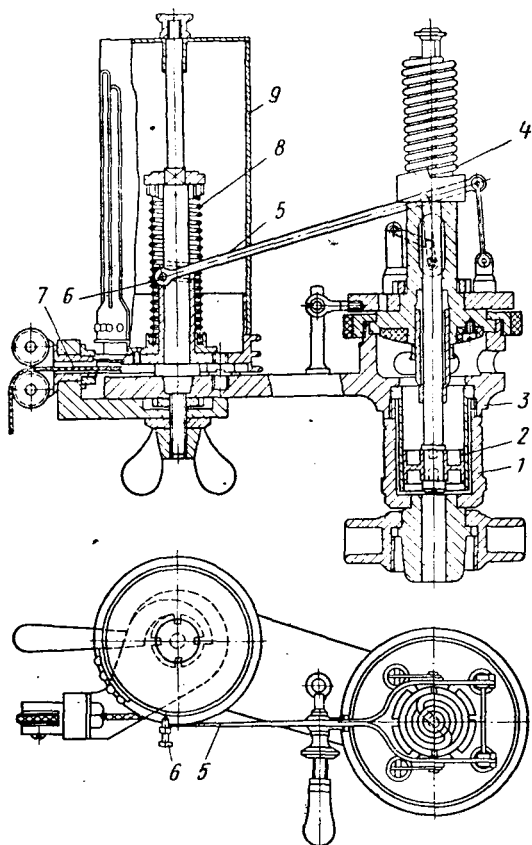


Рис. 79. Индикатор давления с цилиндрической пружиной:

1 — цилиндр; 2 — поршень; 3 — корпус; 4 — тарированная пружина; 5 — рычаг пишущего механизма; 6 — карандаш; 7 — шнур; 8 — возвратная пружина; 9 — барабан

сменных пружин и каждая оттарирована на определенное давление при нормальном поршне 1/1. Применение этих же пружин при других поршнях позволяет проводить индицирование при давлениях, превышающих указанное на пружине, в 2; 5; 20 и 50 раз (в зависимости от маркировки поршней).

Для передачи движения с крейцкопфа компрессора на барабан индикатора применяют роликовые ходоуменьшители. Такой ходоуменьшитель (рис. 80, а) имеет барабан 1, жестко соединенный с осью 3, на другом конце

которой крепится на шпонке сменный ролик 4. Ось 3 вращается в корпусе 6, прикрепленном к индикатору или к направляющей крейцкопфа компрессора. Барабан поворачивается с помощью шнура, скрепленного с крейцкопфом. Обратный ход барабана происходит под действием помещенной в него возвратной пружины 2. На сменный ролик 4 надевают шнур 5 для привода индикатора.

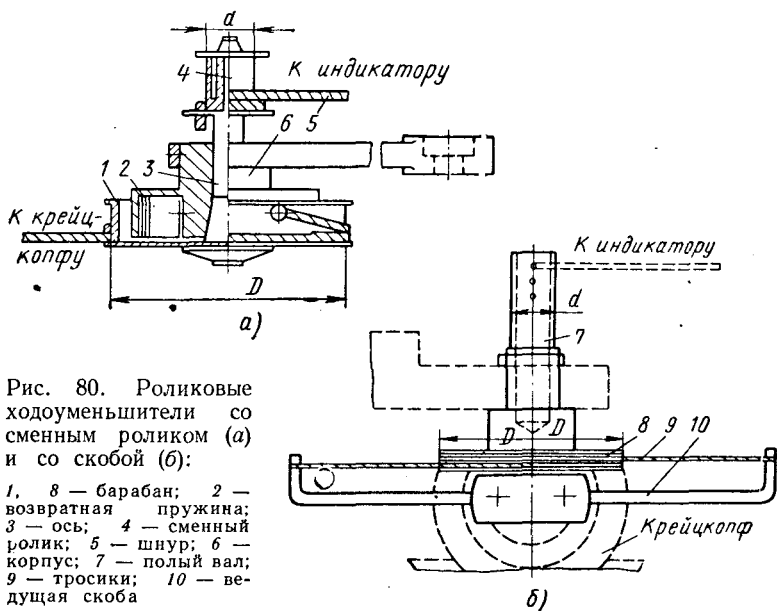


Рис. 80. Роликовые ходоуменьшители со сменным роликом (а) и со скобой (б):

1, 8 — барабан; 2 — возвратная пружина; 3 — ось; 4 — сменный ролик; 5 — шнур; 6 — корпус; 7 — полый вал; 9 — тросики; 10 — ведущая скоба

Ходоуменьшитель другого типа (рис. 80, б) имеет полый вал 7, на котором с одной стороны установлен барабан 9, а с другой имеются отверстия для закрепления шнура индикатора. Вал вращается в стойке, закрепленной на направляющей крейцкопфа. На барабане закреплены тросики 9, которые другими концами соединены с ведущей скобой 10, присоединенной болтами к корпусу крейцкопфа.

Уменьшение хода в первом случае (рис. 80, а) определяется отношением диаметров барабана ( $D$ ) и сменного ролика ( $d$ ), во втором (рис. 80, б) — отношением диаметров барабана ( $D$ ) и верхней части вала ( $d$ ). Карандаш вычерчивает на бумаге индикаторную диаграмму — кривую линию замкнутого контура определенной формы. Перемещение карандаша индикатора по вертикали про-

порционально деформации тарированной пружины, происходящей под давлением воздуха, поступающего в индикатор из цилиндра компрессора, а перемещение карандаша по горизонтали пропорционально пути, пройденному поршнем компрессора.

На нормальной индикаторной диаграмме (рис. 81) в определенном масштабе по горизонтальной оси отложены объемы засасываемого компрессором воздуха, по вертикали — соответствующее им давление сжатого воздуха. При движении поршня от точки 1 вправо воздух

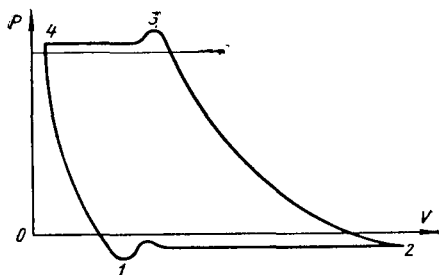


Рис. 81. Нормальная индикаторная диаграмма компрессора

засасывается в цилиндр компрессора. Точка 2 соответствует крайнему положению поршня, всасывание заканчивается и всасывающий клапан закрывается. Далее при движении поршня влево начинается сжатие, объем воздуха уменьшается и одновременно возрастает давление. В точке

3 при наибольшем давлении открывается нагнетательный клапан, давление несколько снижается, а затем почти не меняется до точки 4, соответствующей другому крайнему положению поршня, концу нагнетания и закрытию нагнетательного клапана. В начале движения поршня вправо давление воздуха в мертвом пространстве резко падает, и в точке 1 создается разрежение, необходимое для открытия всасывающего клапана. Затем цикл повторяется.

Сопоставление диаграмм, снятых с работающего компрессора, с нормальной диаграммой позволяет по смещению характерных точек судить о возможных неисправностях и отклонениях. Наиболее характерные изменения индикаторных диаграмм (сплошная линия) компрессора по сравнению с нормальной (штриховая линия) показаны на рис. 82. При увеличенном мертвом пространстве открытие всасывающего клапана запаздывает и точка 1 смещается вправо (рис. 82, а). То же происходит при запаздывании закрытия клапана нагнетания и его неплотностях (рис. 80, б), при этом в точке 1 будет небольшой заостренный участок. Волнистость кривых около точек 1 и 3

после открытия всасывающего и нагнетательного клапанов указывает на наличие сопротивлений в всасывающем и нагнетательном трубопроводах (рис. 82, в). Еще большая волнистость линий диаграммы после этих точек будет в случае пропусков газа между поршнем и цилиндром

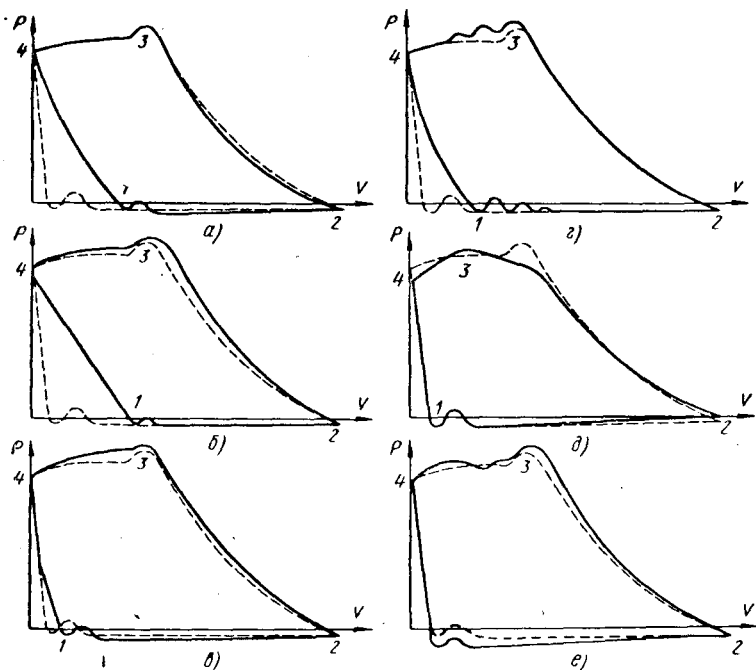


Рис. 82. Индикаторные диаграммы работающего компрессора:

*a* — при увеличенном мертвом пространстве; *б* — при запаздывании закрытия нагнетательного клапана и его неплотности; *в* — при сопротивлении в трубопроводах; *г* — при пропусках газа между поршнем и зеркалом цилиндра; *д* — при неплотности всасывающего клапана; *е* — при жестких пружинах клапанов

(рис. 82, *г*). Точка 3 и начальная линия нагнетания смещается влево при неплотности всасывающего клапана (рис. 82, *д*). В последнем случае может не быть выступа в точке 3, характеризующего подъем давления, необходимого для открытия клапана. При слишком жестких пружинах клапанов точки 1 и 3 смещены для всасывающего клапана вниз, так как для открытия требуется большее разрежение (рис. 82, *а*), а для нагнетательного клапана — вверх, так как для открытия требуется большее давление.

Индицирование производят при полной нагрузке и установившемся режиме работы компрессора (обычно

через 2 ч после пуска). Газовые компрессоры индицируют при работе на азоте. Рекомендуется индицировать одновременно все цилиндры. Обязательно одновременное индицирование всех полостей одной ступени. Для установки индикатора пробки индикаторных штуцеров на цилиндрах заменяют индикаторными трехходовыми кранами. К верхней части крана присоединяют индикаторы и закрепляют гайкой. Для одновременного индицирования обеих полостей одной ступени их штуцера соединяют трубой с трехходовым краном в средней части, расположенным так, чтобы полости поочередно соединялись с индикатором и были отделены одна от другой.

Снимают не менее трех индикаторных диаграмм. На каждой отмечают время, номер и полость цилиндров, число оборотов, давление, масштаб пружины и марку поршня. По снятым диаграммам выявляют дефекты в работе клапанов и другие нарушения. Следует учитывать, что в процессе приработки поршневых колец некоторые их неплотности исчезают. По площади диаграммы, частоте вращения компрессора и давлению определяют фактическую производительность компрессора (с учетом температурных поправок).

Для градуировки или проверки шкалы регулирующего отжимного приспособления индикаторные диаграммы снимают при максимальной, минимальной и нескольких промежуточных нагрузках. При каждом режиме отмечают положение указателя маховичка отжимного приспособления для последующей градуировки шкалы. Производительность при данном положении указателя в процентах от наибольшей производительности компрессора определяют по отношению длин линий всасывания диаграмм, снятых при данном и максимальном режимах.



## Глава VI

### ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ МОНТАЖЕ И ПУСКЕ КОМПРЕССОРОВ

---

Персонал, занятый на монтаже и пуске компрессора, обязательно должен знать действующие инструкции по безопасному ведению работ. Обучение и проверку персонала проводят до начала монтажа и оформляют записями в специальном журнале или выдачей удостоверений. Можно приступать к работам, если имеется проект производства работ или технологическая карта, в которых должны быть исчерпывающе освещены вопросы техники безопасности при организации и подготовке монтажной площадки, выполнении такелажных работ, связанных со строповкой и расстроповкой оборудования и трубопроводов, а также при проведении отдельных этапов монтажа, при которых возможны случаи получения травмы.

**Подготовка работ.** Закрывают щитами все монтажные проемы, оставленные в стенах и перекрытиях для подачи оборудования. Постоянные проемы и проемы, не подлежащие закрытию в связи с производством других работ, ограждают по всему периметру (высота ограждения не менее 1 м). При совмещении монтажных и строительных работ защищают работающих на нижних ярусах от случайного падения материалов и инструмента установкой сеток, козырьков и т. п. Вместо сооружения временных настилов и переходов лучше изготовить постоянные по проекту.

На площадке должен поддерживаться образцовый порядок. Необходимо поддерживать чистоту на рабочих местах, организовать хранение деталей и инструмента, выделить ответственных лиц для работы на подъемных средствах и т. п.

Площадка должна быть снабжена аптечкой с набором необходимых медикаментов и перевязочных средств.

**Такелаж.** Стropовка всех деталей компрессора должна производиться способом, который рекомендуется заводской

инструкцией, в местах, отмеченных на деталях и узлах. Между тросом и обработанными поверхностями деталей закладывают деревянные прокладки, предохраняющие детали от повреждения. Механизированный подъем обязателен для деталей массой более 60 кгс, а также при подъеме деталей на высоту более 3 м. Расстроповку деталей и оборудования после доставки на площадку производят только после проверки их устойчивости на надежных деревянных подкладках высотой 100—150 мм.

Состояние подъемного механизма, приспособлений и их закрепление проверяют каждый раз перед началом такелажных работ по установленным для этого инструкциям. Зону, в которой производится подъем, ограждают предупредительными знаками, команды подает один человек. Неправильное положение деталей, узлов или аппаратов при подъеме следует исправлять только путем перестроповки, не допуская применения оттягивающих тросов. При подъеме рам компрессоров, цилиндров, фонарей и роторов с них удаляют все незакрепленные детали и предметы.

Не следует производить очистку нижних посадочных поверхностей, когда деталь подвешена. Ее необходимо установить на подкладки, высота которых обеспечивает доступ к поверхностям, подлежащим зачистке. При строповке деталей за рым-болты усилие в тросе должно быть направлено по оси стержня болта. При одновременной строповке за несколько рым-болтов следует применять траверсу или ставить между тросами деревянные распорки, для того чтобы строп был направлен по оси рым-болта.

Для изготовления стропов подбирают стальные канаты без заметных следов износа, порывов. Лучше применять более эластичные тросы с большим количеством проволок в пряди. Тросы обозначают  $6 \times 37 + 1$  и  $6 \times 61 + 1$ , т. е. шесть прядей, в каждом из которых 31 или 61 проволока, и одна пеньковая прядь. Более жесткие тросы  $6 \times 19 + 1$  используют для расчалок. Петли на концах каната снабжают коушем, а свободный конец троса закрепляют заплеткой или специальным сжимом. Количество сжимов при различных диаметрах троса следующее:

Диаметр троса в мм	12,5	19,5	21,5	24	48	54,5
Количество сжимов	3	4	4	5	5	7

При диаметрах троса до 12,5, до 19,5, до 24 и до 54,5 мм расстояние между сжимами, которое определяет длину

закрепляемого конца троса, принимают соответственно 100, 120, 140 и 200—230 мм.

Длину катков для перемещения грузов по горизонтали подбирают с таким расчетом, чтобы концы катков выступали с каждой стороны груза не более чем на 300—400 мм. Все подъемные механизмы (лебедки, домкраты всех видов, блоки, тали, полиспасты и т. д.) перед работой подлежат тщательному осмотру, закреплению и опробованию. При обнаружении малейшего дефекта работы прекращаются. Освобождение или перестановку механизмов и приспособлений по окончании и в процессе перемещения грузов выполняют только после надежной укладки и закрепления груза на месте.

**Монтаж компрессоров.** Все крупные детали размещают около фундамента на надежных подкладках достаточной высоты, обеспечив удобные подход к ним для проведения операций по очистке и подготовке к монтажу. Расположение верстака с тисками, стеллажей и щитов с деталями также должно быть удобным.

При установке ротора электродвигателя на вал компрессора растроповку его нижней половины производят после надежной установки на выкладку из деревянных брусков, расстроповку верхней половины — после полного закрепления ротора на валу. Шабровка вкладышей подшипников под шейками приподнятого вала допускается только после установки под валом шпальной выкладки и закрепления вала. При шабровке, опиловке и зачистки вкладышей опилки удаляют ветошью или щеткой, нельзя сбрасывать их руками или сдувать. При исправлении баббитовой заливки наплавкой и напайкой нагретые поверхности и расплавленный металл предохраняют от попадания влаги. При работе зубилом применяют защитные очки, а для безопасности окружающих — экраны из листа.

Гаечные ключи должны соответствовать размерам гаек и головок болтов. Не следует применять какие-либо подкладки между гранями гайки и ключа, а также удлинять ключи нестандартными удлинителями. Грубым нарушением является также отвинчивание гаек и болтов с применением зубил, кувалд и молотков.

Исправность и комплектность набора слесарно-монтажного инструмента проверяют перед каждой сменой. Не допускается к использованию ударный инструмент (молотки, кувалды, зубила и т. п.) с отслоениями, сби-

тыми бойками, расщепленными ручками. При установке крышек подшипников и цилиндров направление им придают, придерживая за безопасные необработанные места, чтобы не прищемить пальцы рук.

**Заготовка и монтаж трубопроводов.** При сверлении арматуры на станке ее закрепляют зажимами или скобами, нельзя придерживать ее руками. Абразивные круги на переносных шлифовальных машинах с гибким валом предохраняют металлическим кожухом с углом раскрытия  $180^\circ$ . Трубонарезные и отрезные станки оборудуют приспособлением для закрепления свободного конца трубы, чтобы предотвратить падение отрезаемого куска.

Применяют меры защиты от поражения электрическим током путем заземления всех металлических частей электродвигателей, пусковых приборов, механизмов и приспособлений, находящихся под напряжением. Проверяют нормальное включение в сеть через рубильники или магнитный пускатель электродвигателей механизмов и инструмента, а также правильную подвеску временной электропроводки на высоте не менее 2,5 м над рабочим местом. Для переносных ламп следует применять напряжение не выше 36 В (в сырых местах, емкостях и аппаратах — не более 12 В).

При выполнении газовой резки выполняют основные правила пользования кислородом и горючими газами. Нельзя допускать попадания масла на аппаратуру, работающую с кислородом (баллон, шланги, редуктор, горелка), или касаться ее замасленными руками, отогревать, ацетиленовые генераторы и редукторы открытым огнем, размещать баллоны с кислородом и горючим газом на расстоянии менее 3 м один от другого, допускать их совместное хранение и транспортировку, работать на газогенераторе без водяного затвора, оставлять действующий газогенератор без надзора. Баллоны размещают в вертикальном положении и закрепляют от падения.

При работе слесаря-трубопроводчика с электросварщиком или при самостоятельном выполнении прихватки необходимо принимать меры защиты глаз работающего и окружающих от электрической дуги, применяя защитные шлемы, очки с темными стеклами и щиты. Нельзя выполнять сварочные работы около легковозгорающихся и взрывоопасных веществ.

При подъеме трубных узлов центр тяжести их при отсутствии расчетных данных определяют путем пробных

подвешиваний. Стропы предохраняют от соскальзывания. Крепление длинных трубных узлов выполняют двумя стропами так, чтобы угол наклона стропа к горизонтали был не менее  $45^\circ$ . Необходимо предохранять строп и монтируемый узел от соприкосновения с ранее установленными аппаратами и трубами.

Расстроповка допускается только после укладки трубопроводов на постоянные или временные опоры, или крепления болтами с уже смонтированными узлами (затягивают не менее половины от всего количества болтов), или прихватки электросваркой (заваривают не менее 30% от общей длины сварочного шва). Совпадение отверстий в совмещаемых фланцах проверяют только с помощью коловых ключей или бородков.

Рекомендуется установка постоянных креплений и опор. К смонтированным трубопроводам не следует подвешивать тали, блоки и другие подъемные приспособления.

**Гидравлические и пневматические испытания.** До испытания проверяют закрепление на фланцевых соединениях всех болтов и шпилек, а также надежность установки заглушек, подвесок и опор. При испытаниях аппаратов и трубопроводов давление не должно превышать значение, указанное в технических условиях, инструкции завода-изготовителя или в правилах Госгортехнадзора. Повышение давления в системе должно происходить постепенно без толчков. Контролируют показания манометров и проверяют наружным осмотром состояние испытываемых аппаратов и трубопроводов. При осмотре подъем давления временно прекращают.

При гидравлическом испытании персонал не должен находиться около фланцевых соединений, заглушек, люков и арматуры. Не следует ходить по трубопроводам, находящимся под давлением. При испытаниях до снятия давления нельзя устранять выявленные дефекты арматуры или производить доделочные работы. Окончательная затяжка фланцевых соединений допускается при избыточном давлении до  $3 \text{ кг/см}^2$ .

Пневматическое испытание обычно проводят только после гидравлического испытания на прочность (в зимний период иногда ограничиваются пневматическим испытанием). Испытание проводят воздухом или инертным газом. Осмотр при испытании проводят специально подготовленный персонал. При испытании около компрессора не должны находиться посторонние лица. Нельзя допус-

катель резкого повышения давления в связи с возможным нагревом трубопровода.

Обстукивание сварных швов молотком при гидравлическом испытании следует выполнять только при установившемся рабочем давлении. Присоединение и отсоединение линий проводят после полного снятия давления в трубопроводе.

**Пуск и обкатка компрессоров.** Перед пуском компрессора все его движущиеся части прикрывают кожухами, щитами и ограждениями. Обслуживающий персонал должен пройти специальное обучение по правилам обслуживания. О запуске компрессора подается предупреждающий сигнал. Посторонние лица должны покинуть машинный зал.

В период продувок межступенчатых аппаратов и трубопроводов не следует находиться у открытых патрубков, через которые производятся выброс воздуха. При осмотре картера или рамы в период остановки нельзя пользоваться открытым огнем во избежание взрыва масляных паров.

Перед пуском на все цилиндры и аппараты (где это предусмотрено конструкцией) устанавливают исправные манометры, термометры, а также приборы сигнализации и автоматики. Не следует допускать повышения температуры сжимаемого воздуха или газа выше предельной, указанной в паспорте, во избежание взрыва масляных паров. Нельзя допускать повышения давления в ступенях компрессора и в аппаратах выше допустимого.

Смазку компрессора следует выполнять маслом, рекомендованным инструкцией. Масло должно иметь достаточную вязкость и температуру вспышки, чтобы избежать образования взрывоопасных паров. Воздух и газ должны всасываться в компрессор через фильтры, чтобы пыль и посторонние частицы не попадали в пространство, где имеются пары масла. При осмотре компрессора во время его работы не следует касаться руками движущихся частей. Если нарушение нормальной работы компрессора нельзя устранить на ходу, то его следует немедленно остановить.

Кроме общих правил техники безопасности, монтажный персонал обязан выполнять специальные требования, касающиеся данного производства. Так, в случае разборки компрессорной установки, работающей на горючих и взрывоопасных газах, нужно полностью удалить эти газы продувкой компрессора, аппаратов и трубопроводов воздухом или инертным газом.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

---

1. Вольберг Н. Е., Панкратьев Н. В. Монтаж компрессорных установок. М., Госстройиздат, 1961, 236 с.
2. Зильберберг А. О., Наумов В. Г. Изготовление и монтаж технологических трубопроводов. М., Госстройиздат, 1969, 388 с.
3. Гадалов В. М. Слесарь по монтажу технологических трубопроводов. М., Стройиздат, 1972, 264 с.
4. Гидон Л. М. О расхождении шек коленчатых валов оппозитных компрессоров. — «Химическое и нефтяное машиностроение», № 5, 1971, с. 33—34.
5. Кондратьева Т. Ф., Доброклонский Е. Б., Видякин Ю. А. Оппозитные компрессоры. Л., «Машиностроение», 1968, 419 с.
6. Компрессорные машины. Каталог-справочник. С. 1 и 2, М., Цинтихимнефтемаш, 1966, с. 145 и 174.
7. Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов для горючих, токсичных и сжиженных газов (ПУГ-69). М., «Недра», 1970, 168 с.
8. Правила устройства и безопасной эксплуатации стационарных компрессорных установок, воздухопроводов и газопроводов. М., «Металлургия», 1973, 32 с.
9. Смирнов Ю. М., Айзенберг Т. Н. О применении консольных электродвигателей на компрессорах. — «Компрессорное и холодильное машиностроение», № 4, 1970, с. 3—4.
10. Строительные нормы и правила. Ч. III. Разд. Г, гл. 10. Технологическое оборудование. М., Госстройиздат, 1963, 29 с.
11. Сукальский Г. А., Ханапетов М. В., Харас З. Б. Справочник по монтажу промышленного оборудования и трубопроводов. М., Госстройиздат, 1967, 310 с.
12. Тарасов В. М. Воздушные компрессоры. М., Машгиз, 1962, 158 с.
13. ТУ 26-12-95—70. Компрессоры, общие требования к поставке. М., ЦБТИ ММСС СССР, 1971, 10 с.
14. Трухин А. Х. Повышение надежности и долговечности поршневых компрессорных машин. М., «Машиностроение», 1972, 174 с.
15. Храпач Г. К. Монтаж и ремонт компрессоров. М., «Недра», 1964, 480 с.
16. Френкель М. И. Поршневые компрессоры. М., Машгиз, 1960, 655 с.
17. Широков В. Н. Опыт эксплуатации поршневых компрессоров. М., Metallurgizdat, 1954, 125 с.
18. Шульмейстер В. О. Ремонт и монтаж стационарных дизелей. М., Машгиз, 1959, 286 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие . . . . .	3
Глава I. Краткая характеристика поршневых компрессоров . . . . .	5
Глава II. Подготовка к монтажу . . . . .	20
Подготовка монтажной площадки и фундаментов . . . . .	21
Такелаж оборудования . . . . .	31
Подготовка узлов и деталей . . . . .	37
Глава III. Монтаж компрессоров . . . . .	40
Установка и подливка рам или компрессоров в сборе . . . . .	40
Установка подшипников и коленчатых валов . . . . .	60
Монтаж электродвигателей . . . . .	84
Монтаж цилиндровой группы . . . . .	100
Монтаж шатунно-поршневой группы . . . . .	111
Установка всасывающих и нагнетательных клапанов . . . . .	134
Глава IV. Монтаж систем и комплектующего оборудования . . . . .	139
Монтаж межступенчатой аппаратуры . . . . .	139
Монтаж трубопроводов и арматуры . . . . .	144
Монтаж системы смазки . . . . .	160
Монтаж системы охлаждения . . . . .	170
Монтаж всасывающих фильтров . . . . .	173
Монтаж щитов управления и приборов . . . . .	175
Глава V. Пуск и наладка компрессоров . . . . .	177
Подготовка к первому пуску . . . . .	178
Пуск и испытание компрессоров . . . . .	188
Наладка компрессоров . . . . .	206
Глава VI. Техника безопасности при монтаже и пуске компрессоров . . . . .	225
Список литературы . . . . .	231

ГИДОН Лев Монсеевич

### МОНТАЖ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ

Редактор издательства *Н. П. Ошерова*

Технический редактор *Е. П. Смирнова*

Корректор *В. А. Воробьева*

Переплет художника *М. Г. Мицкевича*

---

Сдано в набор 21/ХII 1973 г. Подписано к печати 28/II 1974 г. Т-04453  
Формат 84×108<sup>1</sup>/32. Бумага № 2. Усл. печ. л. 12,18. Уч.-изд. л. 12,95  
Тираж 14 000 экз. Заказ № 758 Цена 56 коп.

---

Издательство «Машиностроение»,  
107885, Москва, Б-78, 1-й Басманный пер., 3

---

Ленинградская типография № 6 Союзполиграфпрома  
при Государственном комитете Совета Министров СССР  
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли  
193144, Ленинград, С-144, ул. Моисеенко, 10.



56 коп.

49205

04

---

29539



„МАШИНОСТРОЕНИЕ“