Библиотека СОК



ПОВЫШЕНИЕ МАСТЕРСТВА РАБОЧИХ СТРОИТЕЛЬСТВА И ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Б.А. Тыркин

МОНТАЖ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

МОСКВА

СТРОЙИЗДАТ



ПОВЫШЕНИЕ МАСТЕРСТВА
РАБОЧИХ СТРОИТЕЛЬСТВА
И ПРОМЫШЛЕННОСТИ
СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Б.А. Тыркин

МОНТАЖ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК



МОСКВА
СТРОЙИЗДАТ
1986

ББК 38.72
Т 93
УДК 69.057.44 : 621.56

Рецензент: Гл. инж. института Гипрохиммонтаж **И. П. Петрухин**

Тыркин Б. А.

Т 93 Монтаж холодильных установок. — М.: Стройиздат, 1986. — 183 с., ил. — (Повышение мастерства рабочих стр-ва и пром-сти строит. материалов).

Описано современное оборудование холодильных установок, рассмотрены принципы работы холодильных машин. Даны основные сведения по монтажу компрессоров, насосов, аппаратов, трубопроводов и изотермических резервуаров, а также по такелажным работам. Специальная глава посвящена правилам техники безопасности при монтаже технологического оборудования.

Для рабочих, бригадиров и мастеров, занятых монтажом холодильных установок.

Т $\frac{3205000000-212}{047(01)-86}$ 156—86

ББК 38.72
6С4.3

© Стройиздат, 1986

ВВЕДЕНИЕ

Трудно назвать отрасль народного хозяйства, в которой не используется искусственное охлаждение. Искусственный холод нашел большое применение на предприятиях химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей, металлургической, пищевой и других отраслей промышленности. Искусственное охлаждение входит как необходимое звено во многие технологические процессы разных отраслей промышленности. С помощью холода отводят тепло и регулируют скорости протекания реакций, сжижают газы, очищают нефть от твердых компонентов, выделяют соли из растворов и др. Искусственное охлаждение используют для обеспечения длительного хранения пищевых продуктов, создания искусственного микроклимата в закрытых помещениях (кондиционирование), проведения низкотемпературной закалки металлов. Широкое применение искусственный холод получил в отраслях медицинской и микробиологической промышленности, а также при сооружении ледяных катков.

На апрельском (1985 г.) Пленуме ЦК КПСС и на совещании в ЦК КПСС по вопросам ускорения научно-технического прогресса (11 июня 1985 года) указывалось на необходимость ускорения социально-экономического развития страны. Значительное развитие получают все отрасли народного хозяйства, в том числе отрасль холодильной техники. Растут мощности холодильных установок, совершенствуются конструкции компрессоров, насосов, аппаратов и трубопроводов. Машиностроительные заводы все больше поставляют испытанные и обкатанные холодильные машины в агрегатированном виде со смонтированными на одной раме компрессорами и электродвигателями, аппаратами, трубопроводами, арматурой, контрольно-измерительными приборами, что

позволяет сократить сроки монтажных работ в 2...3 раза.

Основная задача строительства — повышение эффективности капитальных вложений, быстрейший ввод в действие производственных мощностей благодаря внедрению научно-технического прогресса и повышению качества работ. Для того чтобы справиться с такими задачами, необходимо вести монтаж оборудования и трубопроводов холодильных установок индустриальными методами, которые предусматривают крупноблочный монтаж оборудования и трубопроводов, широкое применение монтажных грузоподъемных кранов и ручных машин.

Надежность и долговечность холодильных установок в эксплуатации в большой степени зависят от качества монтажных работ, квалификации монтажников, которые должны знать особенности устройства машин, аппаратов и трубопроводов, владеть прогрессивными методами их монтажа и испытаний. В монтажных организациях широко развита практика повышения квалификации рабочих на производстве с использованием методических и учебных пособий, материал которых базируется на достижениях научно-технического прогресса и помогает рабочим овладеть мастерством в своей профессии.

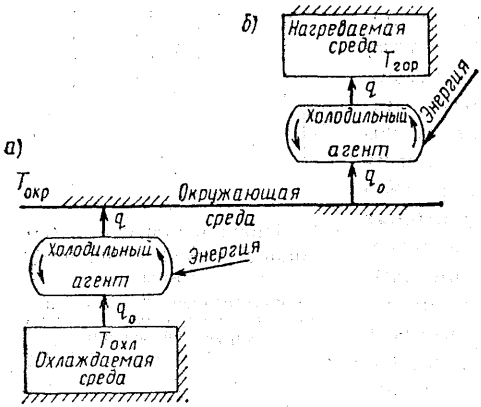
ГЛАВА I. ПРИНЦИП РАБОТЫ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН

1. ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ИСКУССТВЕННОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

Холодильные машины представляют собой замкнутую систему, заполненную рабочим телом. Рабочее тело, циркулирующее в холодильной машине, отнимает тепло от охлаждаемой среды и, совершив круговой процесс, возвращается в первоначальное состояние. Это позволяет осуществлять непрерывное охлаждение с помощью одного и того же количества рабочего тела. Для возвращения рабочего тела в первоначальное состояние необходимо, чтобы тепло, воспринятое им от охлаждаемой среды, было отдано другому телу. Такими телами являются окружающий воздух и вода. Температура воды и воздуха, как правило, выше температуры охлаждаемой среды, поэтому естественный процесс передачи тепла невозможен. Для переноса тепла от охлаждаемой среды к более теплой окружающей среде необходимо повысить температуру рабочего тела настолько, чтобы она стала выше температуры окружающей среды (воды, воздуха). Для этого необходимо затратить энергию. Последующее понижение температуры рабочих тел достигается адиабатическим расширением сжатых газов или жидкостей (например, в расширительных цилиндрах или детандерах) или дросселированием (в вентилях, кранах).

Непрерывный круговой процесс, в результате которого тепло от холодного тела передается более теплому, является обратным круговым процессом — циклом. Рабочее тело, циркулирующее в холодильной машине и совершающее обратный круговой процесс, называется холодильным агентом.

Охлаждаемая среда (например, воздух холодильной камеры) имеет температуру $T_{охл}$ (рис. 1, *а*) более низкую, чем температура окружающей среды $T_{окр}$ (например, воды или воздуха). Холодильный агент отнимает тепло от охлаждаемой среды и передает окружающей среде с более высокой температурой, при этом холодильный агент совершает непрерывный круговой процесс. Согласно второму закону термодинамики, для осуществления кругового процесса, обеспечивающего отнятие тепла от холодной среды и передачу его более теплой,



1. Принципиальная схема холодильной машины (*а*) и теплового насоса (*б*)

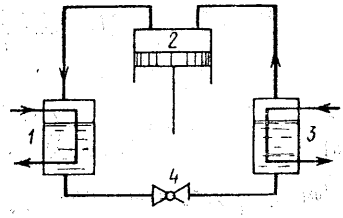
требуется затратить механическую работу или другой вид энергии, например, тепло, которое при этом переходит с высшего уровня на низший. Обратный круговой процесс, обеспечивающий искусственное охлаждение в результате переноса тепла от холодного тела к окружающей среде, называется холодильным циклом.

Холодильные машины, в которых для получения холодильного эффекта используют кипение жидкостей при низких температурах, называются паровыми холодильными машинами.

В паровых холодильных машинах в качестве рабочих тел применяют жидкости с низкими температурами кипения при атмосферном давлении. Из них наиболее распространены аммиак NH_3 и хладоны (фреоны)—хлорофторозащищенные углеводороды, в частности фреон-12 CF_2Cl_2, фреон-22 CHF_2Cl. Однако в некоторых паровых холодильных машинах в качестве рабочего тела используют воду. В этом случае в охлаждающих аппаратах создается значительное разрежение.

Иногда применяют рабочие тела, не изменяющие агрегатное состояние в холодильной машине, например воздух. Холодный воздух, отнимая тепло от охлаждаемой среды, повышает свою температуру. Холодильные машины, в которых рабочее тело не меняет агрегатного состояния, а холодильный эффект получают за счет повышения температуры рабочего тела, называются газовыми или воздушными холодильными машинами. Машины, в которых осуществляется обратный круговой процесс, можно применять не только для искусственного охлаждения, но и для отопления. Машину, обеспечивающую отопление с помощью обратного кругового процесса, называют тепловым насосом (рис. 1, *б*). Рабочее тело воспринимает тепло от окружающей среды (воздуха, воды и т. п.) и, со-

вершая круговой процесс, передает тепло горячему телу с температурой $T_{гор}$. Теплоприемником может быть, например, вода, которую затем используют для отопления зданий, при этом для переноса тепла, как и в холодильных машинах, затрачивается механическая или тепловая энергия.



2. Принципиальная схема паровой компрессорной машины

1 — конденсатор; *2* — компрессор; *3* — испаритель; *4* — регулирующий вентиль

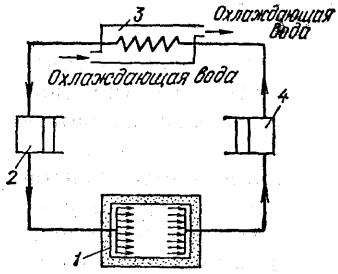
Таким образом, принцип работы холодильной машины и теплового насоса одинаков; отличие состоит только в положении интервала температур: холодильные машины работают в интервале от температуры окружающей среды и ниже (до абсолютного нуля), тепловые насосы — от температуры окружающей среды и выше (до 70...80 °С). В отдельных случаях холодильные машины можно использовать для одновременного получения холода и тепла, тогда они будут работать в интервале от температуры ниже окружающей среды до температуры выше этой среды.

В соответствии с видом затрачиваемой энергии холодильные машины можно разделить на работающие с затратой механической энергии (компрессорные) и тепла (абсорбционные и пароэжекторные).

2. ПАРОВЫЕ И ВОЗДУШНЫЕ ХОЛОДИЛЬНЫЕ МАШИНЫ

Холодильная машина — это комплект аппаратов и трубопроводов, осуществляющих холодильный цикл. В паровых компрессорных машинах в качестве холодильных агентов применяют жидкости с низкими температурами кипения при атмосферном давлении.

Основные элементы паровой компрессорной машины — испаритель, компрессор, конденсатор и регулирующий вентиль, соединенные между собой трубопроводами (рис. 2). Испаритель — это теплообменный аппарат, предназначенный для охлаждения какой-либо среды. В нем находится жидкий холодильный агент, имеющий низкие температуры кипения и давления. Температура кипения холодильного агента должна быть на несколько



3. Воздушная холодильная машина

1 — охлаждаемое помещение; *2* — расширительный цилиндр; *3* — холодильник; *4* — компрессор

градусов ниже температуры охлаждаемой среды. Компрессор служит для отсасывания паров холодильного агента из испарителя, сжатия их и нагнетания в конденсатор. Конденсатор — теплообменный аппарат, служащий для конденсации паров холодильного агента. Температура конденсации паров должна на несколько градусов превышать температуру охлаждающей среды. Регулирующий вентиль служит для подачи жидкого холодильного агента в испаритель, а также понижения давления и температуры холодильного агента.

Холодильная машина работает следующим образом. Жидкий холодильный агент кипит в испарителе за счет отнятия тепла от охлаждаемой среды. Холодные пары, образовавшиеся в результате кипения, отсасываются компрессором, сжимаются в нем до давления конденсации, в результате чего повышается их температура, и нагнетаются в конденсатор. В этом аппарате горячие пары конденсируются, отдавая свое тепло воде или воздуху. Таким образом, холодильный агент, совершив охлаждение и отдав в конденсаторе тепло, отнятое от охлаждаемой среды, снова превращается в жидкость, но с более высокой температурой. Из конденсатора жидкий холодильный агент поступает в регулирующий вентиль, в котором понижаются его давление и температура, а затем вновь попадает в испаритель. Цикл начинается сначала.

В воздушных холодильных машинах для получения низких температур используется адиабатическое расширение сжатого воздуха. Воздух из охлаждаемого помещения (рис. 3) отсасывается компрессором, в котором адиабатически сжимается с повышением температуры. Затем сжатый воздух поступает в холодильник, где охлаждается при постоянном давлении. Далее воздух поступает в расширительный цилиндр, где, адиабатически расширяясь, охлаждается. Холодный воздух поступает опять в охлаждаемое помещение и нагревается, отнимая тепло от охлаждаемой среды.

3. ХОЛОДИЛЬНЫЕ АГЕНТЫ

В качестве холодильных агентов применяют вещества, свойства которых удовлетворяют специальным требованиям: термодинамическим, физико-химическим, физиологическим, экономическим.

К термодинамическим свойствам холодильных агентов относятся: температура кипения (при атмосферном давлении 0,10133 МПа), давление в испарителе и конденсаторе, теплота парообразования, объемная холодопроизводительность, температура замерзания, критические температура и давление.

Давление в испарителе при рабочих температурах кипения должно быть выше атмосферного, чтобы избежать вакуума. При наличии вакуума возможно проникновение в систему воздуха, что ухудшает работу машины, поэтому следует применять холодильные агенты с низкими температурами кипения при атмосферном давлении.

Давление в конденсаторе при обычных температурах охлаждающей среды не должно быть чрезмерно высоким. Снижение предельного давления в машине позволяет облегчить конструкцию, кроме того, снижаются требования к уплотнению и уменьшается опасность утечки холодильного агента через неплотности.

Турбокомпрессорные холодильные машины экономичнее работают при больших объемах всасывания, поэтому для них пригодны холодильные агенты с малой объемной холодопроизводительностью. Температура замерзания холодильного агента должна быть значительно ниже рабочей температуры кипения, чтобы предотвратить замерзание его в испарителе. Для каждого газа есть своя критическая температура и соответствующее ей критическое давление. При температуре выше критической газ не может перейти в жидкое состояние, сколько бы ни повышалось давление. При температуре ниже критической газ становится паром. Для осуществления процесса сжижения при температуре окружающей среды, а также для обеспечения более экономичной работы машины критическая температура должна быть достаточно высокой.

Плотность и вязкость холодильных агентов должны быть минимальными: при таких условиях снижается сопротивление движению холодильного агента в системе и, следовательно, уменьшаются потери давления. Коэффициенты теплопроводности и теплоотдачи должны быть

высокими, что улучшает работу теплообменных аппаратов. Важные свойства холодильных агентов — растворимость в масле и воде. Если агент не растворяется в масле, то из цилиндра компрессора меньше уносится масла, отсутствует пена в испарителе. Малая растворимость холодильного агента в воде — отрицательное свойство: при попадании влаги в систему могут образоваться ледяные пробки, нарушающие циркуляцию холодильного агента.

Холодильный агент (табл. 1) должен быть химически инертным по отношению к металлам и другим материалам, которые применяются в машине, по возможности безопасен для организма человека и недорого стоить. Больше других отвечают требованиям, предъявляемым к рабочим веществам холодильных машин, аммиак NH_3 и хладоны (фреоны). Хладоны (фреоны) — это большая группа веществ, представляющая собой фтористые и хлористые производные предельных (насыщенных) углеводородов. Большое разнообразие фреонов и сложные названия вызвали необходимость обозначения их в условной системе: каждый холодильный агент в зависимости от его химической формулы имеет свое числовое обозначение.

1. Физические свойства холодильных агентов

Холодильные агенты	Химическая формула	Молекулярная масса	Температура кипения при 0,1 МПа, °С	Критическая температура, °С	Критическое давление, МПа	Температура замерзания, °С
Вода	H_2O	18,016	+100	+374,15	22,14	0
Аммиак	NH_3	17,03	—33,6	+132,4	11,30	—77,7
Углекислота	CO_2	44,1	—78,9	+31	7,36	—56,6
Хлорметил	CH_3Cl	50,42	—23,74	+143,1	6,68	—97,6
Фреон-11	$CFCl_3$	137,39	+23,7	+198	4,37	—111
Фреон-12	CF_2Cl_2	120,92	—30,1	+111,5	4	—155
Фреон-13	CF_3Cl	104,47	—81,7	+28,78	3,68	—180
Фреон-22	CHF_2Cl	86,48	—41,1	+96	4,93	—160
Фреон-113	$C_2F_2Cl_3$	187,37	+47,6	+214,1	3,42	—36,5
Фреон-142	$C_2H_3F_2Cl$	100,48	—9,21	+137,1	3,92	—130
Этан	C_2H_6	30,06	—88,6	+32,1	4,93	—183,2
Пропан	C_3H_8	44,1	—42,17	+96,8	4,26	—187,1

При передаче холода на значительные расстояния применяют рассольное охлаждение. Хладоносителями служат воздух, вода, водные растворы солей хлористого

натрия и хлористого кальция, водные растворы спирта, этиленгликоля и др. В зависимости от концентрации рассолы остаются в жидком состоянии при температуре значительно ниже 0 °С. Так, температура замерзания 23%-ного раствора хлористого натрия — 21,2 °С, 30%-ного раствора хлористого кальция — 55 °С. Растворы хлористого натрия применяют для температур охлаждения —16 °С, а хлористого кальция — для температур —45 °С.

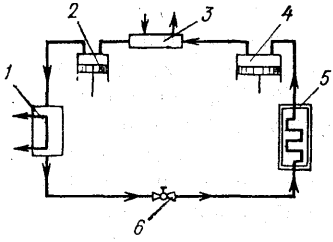
4. СХЕМЫ ДВУХСТУПЕНЧАТЫХ И КАСКАДНЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН

В одноступенчатых холодильных машинах возможно осуществление холодильных циклов между температурой кипения порядка —28 °С и температурой конденсации около +40 °С. При этом, как показала практика, одноступенчатые машины целесообразно применять только при $P_к/P_0 \leqslant 9$ ($P_к$ — давление конденсации; P_0 — давление кипения).

Для достижения более низких температур охлаждения применяют двух- или многоступенчатое сжатие: холодильный агент сжимается от давления кипения до давления конденсации не сразу, а последовательно в двух или нескольких ступенях с промежуточным охлаждением сжатых паров.

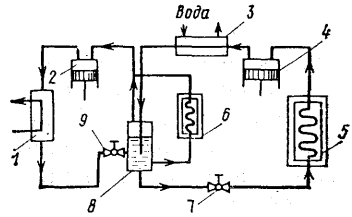
При двухступенчатом сжатии с неполным промежуточным охлаждением и одноступенчатом дросселировании (рис. 4) пар из испарителя засасывает в цилиндр компрессора низкой ступени, сжимается в нем и затем нагнетается в промежуточный холодильник. В этом холодильнике осуществляется промежуточное охлаждение, так как пар остается перегретым. После промежуточного охлаждения пар сжимается в цилиндре компрессора высокой ступени, конденсируется и переохлаждается в конденсаторе. После дросселирования в регулирующем вентиле холодильный агент поступает в испаритель и дает холодильный эффект.

При двухступенчатом сжатии с полным промежуточным охлаждением и двухступенчатом дросселировании (рис. 5) холодильный агент засасывается в цилиндр компрессора первой ступени, сжимается в нем, нагнетается в водяной промежуточный холодильник и затем в промежуточный сосуд. В промежуточном сосуде за счет частичного испарения жидкий холодильный агент охлаждается



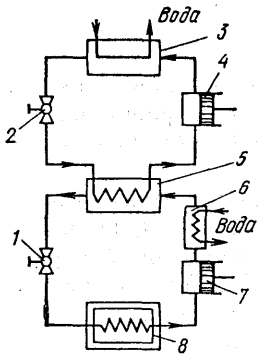
4. Двухступенчатая холодильная машина с одним дросселированием и межступенчатым охлаждением

1 — конденсатор; *2* — цилиндр компрессора высокой ступени; *3* — промежуточный холодильник; *4* — цилиндр компрессора низкой ступени; *5* — испаритель; *6* — регулирующий вентиль



5. Двухступенчатая холодильная машина с двойным дросселированием и полным промежуточным охлаждением

1 — конденсатор; *2* — цилиндр компрессора второй ступени; *3* — промежуточный холодильник; *4* — цилиндр компрессора первой ступени; *5, 6* — испарители; *7* — второй регулирующий вентиль; *8* — промежуточный сосуд; *9* — первый регулирующий вентиль



6. Каскадная холодильная машина

1, 2 — регулирующие вентили; *3* — конденсатор; *4, 7* — компрессоры; *5, 8* — испарители; *6* — холодильник

до состояния насыщения. В этом состоянии пары из промежуточного сосуда вместе с парами, образующимися в первом регулирующем вентиле, и парами из испарителя засасываются в цилиндр компрессора второй ступени, сжимаются в нем и нагнетаются в конденсатор, где они конденсируются и переохлаждаются. Далее жидкий холодильный агент поступает к первому регулирующему вентилю, дросселируется в нем и вместе с образующимся при этом паром проходит в промежуточный сосуд.

Отсюда основная масса холодильного агента направляется в испарители, причем жидкость, идущая в испаритель *5*, перед поступлением в него подвергается дросселированию во втором регулирующем вентиле.

Наряду с многоступенчатыми машинами для получения низких температур применяют так называемые каскадные машины (рис. 6). Во многих случаях, особенно для получения температур ниже —70 °С, использовать эти машины более целесообразно, чем многоступенчатые.

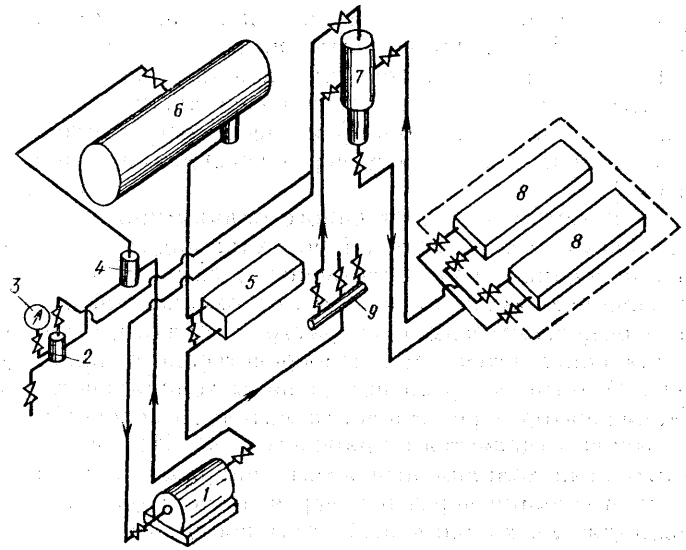
Каскадная холодильная машина представляет собой систему двух или нескольких холодильных машин-каскадов, работающих в разных температурных пределах и, как правило, с различными холодильными агентами. В каждой из входящих в систему холодильных машин совершается свой холодильный цикл — одно- или двухступенчатый. Связующими звеньями отдельных каскадов служат теплообменные аппараты — испарители-конденсаторы. Для одного каскада такой аппарат выполняет роль испарителя, а для другого, работающего на уровне более низких температур, — роль конденсатора.

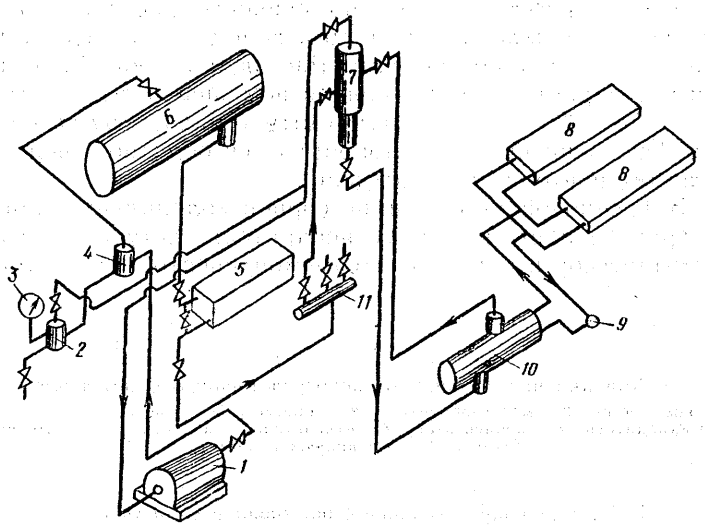
В испарителе *8* нижней ступени каскада кипит холодильный агент, отнимая тепло от охлаждаемой среды. Пар засасывается компрессором *7*, сжимается и направляется в водяной холодильник и далее в испаритель *5*, где сжижается в результате охлаждения кипящим холодильным агентом испарителя верхней ступени каскада. Жидкость дросселируется в регулирующем вентиле *1* и снова поступает в испаритель *8*.

В верхней ступени каскада также проходит цикл работы одноступенчатой холодильной машины, но в более высоком интервале температур. В испарителе *5* верхнего каскада кипит холодильный агент, отнимая тепло от конденсирующего холодильного агента нижней ступени каскада. Для этого температура кипения верхнего каскада поддерживается на 5 . . . 6 °С ниже температуры конденсации нижнего каскада. Пары, сжатые в компрессоре *4*, выталкиваются в конденсатор. Жидкость, полученная в конденсаторе, дросселируется в регулирующем вентиле *2* и возвращается в испаритель *5*.

5. СХЕМЫ РАБОТЫ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Холодильная установка — это такое сочетание поршневых компрессоров и турбокомпрессоров, насосов, аппаратов, резервуаров и изотермических хранилищ, трубопроводов, контрольно-измерительных приборов и других устройств, которое позволяет осуществить холодильный


6
7
8
8
4
3
5
9
2
1


6
7
8
8
4
3
5
11
9
2
10
1

эффект, т. е. отнять тепло от охлаждаемой среды и передать его холодильному агенту или холодоносителю.

Различают два способа охлаждения: непосредственное (охлаждаемая среда отдает свое тепло непосредственно холодильному агенту) и рассольное (тепло передается холодильному агенту через посредника — холодоноситель).

В системе непосредственного охлаждения жидкий холодильный агент, протекая по охлаждающим батареям, расположенным непосредственно в самих охлаждаемых помещениях, кипит за счет тепла охлаждающего воздуха, в результате чего температура в охлаждаемом помещении понижается. При непосредственном охлаждении (рис. 7) компрессор нагнетает пары холодильного агента в конденсатор через маслоотделитель, в котором смазочное масло отделяется от рабочего тела. Из конденсатора сжиженный холодильный агент направляется к регулирующей станции через ресивер и переохладитель. Из переохладителя холодильный агент поступает в отделитель жидкости, а оттуда в батареи непосредственного охлаждения. Пары рабочего тела, образовавшиеся при кипении в охлаждающихся батареях, компрессор отсасывает через отделитель жидкости.

При рассольном охлаждении (рис. 8) в батареи, установленные в охлаждаемых помещениях, рассол, предварительно охлажденный кипящим холодильным агентом в испарителе, подают насосом. Рассол, протекая по батареям, отбирает тепло от воздуха помещения, нагревается на 1,5 ... 3 °С, понижая тем самым температуру помещения. Отепленный рассол направляется обратно в испаритель для повторного охлаждения.

В фреоновой турбокомпрессорной холодильной машине (рис. 9) пары фреона из испарителя поступают в турбокомпрессор и направляются в конденсатор испаритель-

---

▲

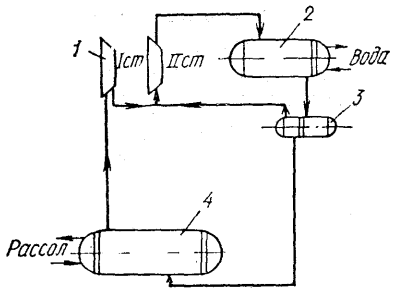
7. Холодильная установка с непосредственным охлаждением

1 — компрессор; *2* — маслосборатель; *3* — манометр; *4* — маслоотделитель; *5* — переохладитель; *6* — конденсатор; *7* — отделитель жидкости; *8* — аммиачные батареи; *9* — регулирующая станция

◀

8. Холодильная установка с рассольным охлаждением

1 . . . *7* — то же, что на рис. *7*; *8* — рассольные батареи; *9* — рассольный насос; *10* — испаритель; *11* — регулирующая станция

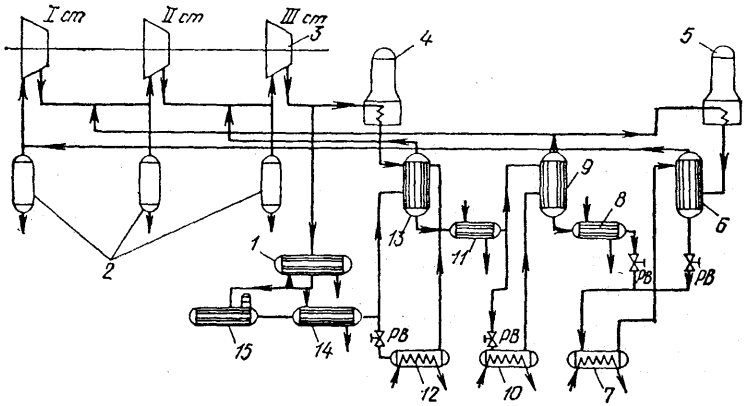


9. Фреоновая турбокомпрессорная холодильная машина

1 — турбокомпрессор; *2* — конденсатор; *3* — поплавковый бак; *4* — испаритель

10. Трехизотермная пропиленовая холодильная установка

1 — конденсатор; *2* — каплеотделители; *3* — турбокомпрессор; *4* — метановая колонна; *5* — этиленовая колонна; *6* — сепаратор; *7, 10, 12* — потребители холода с температурой соответственно —37, —18 и +6 °С; *8, 11, 14* — переохладители; *9, 13* — промежуточные сосуды; *15* — ресивер



но-конденсаторного агрегата. Из конденсатора жидкий фреон стекает в камеру высокого давления поплавкового бака. Поплавковый регулирующий вентиль (ПРВ) этой камеры дросселирует фреон до давления нагнетания I ступени турбокомпрессора, перепуская фреон в камеру низкого давления. Образовавшиеся при дросселировании пары фреона отсасываются II ступенью турбокомпрессора. В камере низкого давления жидкий фреон вторично дросселируется и направляется в испаритель.

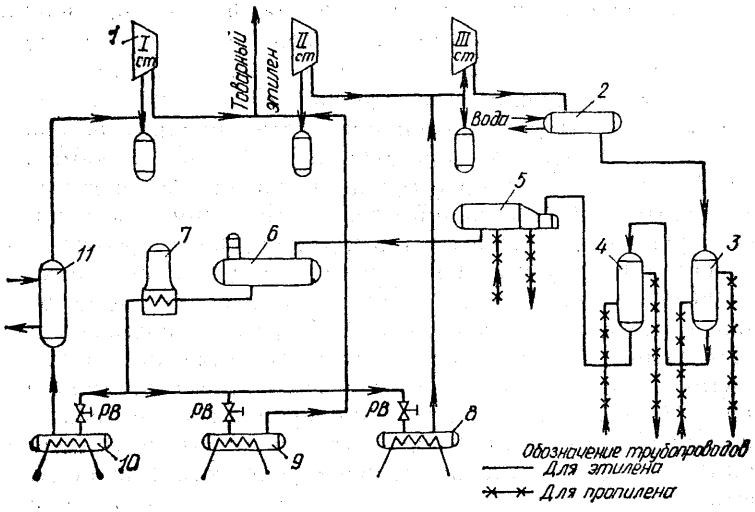
В трехизотермной пропиленовой холодильной установке (рис. 10) после III ступени турбокомпрессора при температуре 65 °С и давлении 1,5 МПа пропилен конденсируется в конденсаторе. Другая часть пропилена идет на конденсацию в кипятильник метановой колонны, откуда направляется в промежуточный сосуд *13*.

Пропилен из конденсатора проходит ресивер, переохладитель *14*, затем поступает в промежуточный сосуд *13* и частично потребителям холода. Пары пропилена от потребителей через промежуточный сосуд идут на всасывание III ступенью компрессора. Жидкий пропилен из промежуточного сосуда *13* проходит переохладитель *11* и дросселируется потребителями холода *10* с температурой —18 °С. Пары пропилена, образующиеся при дросселировании жидкости, поступающей в промежуточный сосуд *9*, вместе с парами пропилена, идущими от потребителей холода, поступают частично на всасывание II ступенью турбокомпрессора и частично в кипятильник этиленовой колонны. Жидкий пропилен из промежуточного сосуда *9* проходит переохладитель *8* и дросселируется потребителями холода *7* с температурой —37 °С. Испарившийся при этих условиях пропилен через сепаратор идет на всасывание I ступенью. На каждой ступени имеются каплеотделители, в которые предусмотрен вспрыск жидкого пропилена при срабатывании системы антипомпажной защиты турбокомпрессора. Инертные газы выводятся через воздухоохладитель, расположенный на ресивере.

В этиленовой трехизотермной холодильной установке (рис. 11) этилен после III ступени турбокомпрессора с давлением 2,04 МПа и температурой 65 °С проходит последовательно водяной холодильник *2*, пропиленовые холодильники *3* и *4* с температурой —6 и —18 °С, поступает далее в конденсатор, где конденсируется пропиленом, кипящим при температуре —37 °С, и стекает в ресивер, снабженный воздухоохладителем.

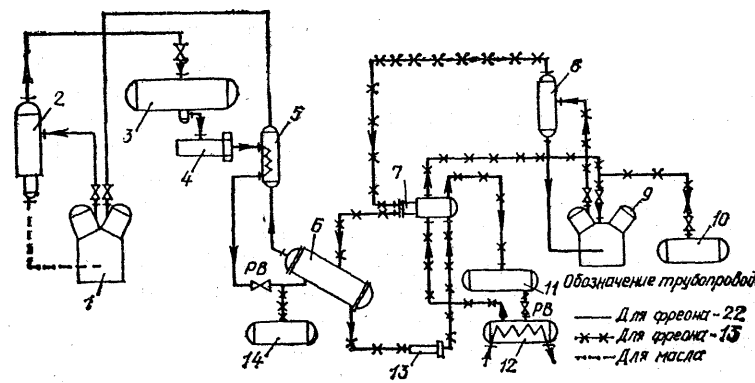
Из ресивера жидкий этилен проходит испаритель метановой колонны, где переохлаждается до температуры —50 °С и дросселируется потребителями холода *8*, *9* и *10* с температурой соответственно —56, —70 и —98 °С. Этилен от испарителей с температурой —98 °С через теплообменник обратных потоков поступает на всасывание I ступенью, а от испарителей с температурами —70 и —56 °С соответственно на всасывание II и III ступенями турбокомпрессора. На входе в каждую ступень поставлены каплеотделители, служащие для отделения проскочивших капель холодильного агента. Часть этилена отбирается для этиленпотребляющих производств.

Фреоновая каскадная холодильная установка (рис. 12) объединяет две одноступенчатые холодильные



11. Этиленовая трехизотермная холодильная установка

1 — этиленовый турбокомпрессор; *2, 3, 4* — холодильники; *5* — конденсатор; *6* — ресивер; *7* — матановая колонна; *8, 9, 10* — испарители (потребители холода); *11* — теплообменник обратных потоков



12. Фреоновая каскадная холодильная установка на $t = -70$ °С

1, 9 — компрессоры; *2, 8* — маслоотделители ОМФ-100; *3* — конденсатор; *4* — фильтр — осушитель фреона; *5, 7* — теплообменники; *6, 12* — испарители-конденсаторы; *10* — расширительная емкость; *11, 14* — ресиверы; *13* — фильтр

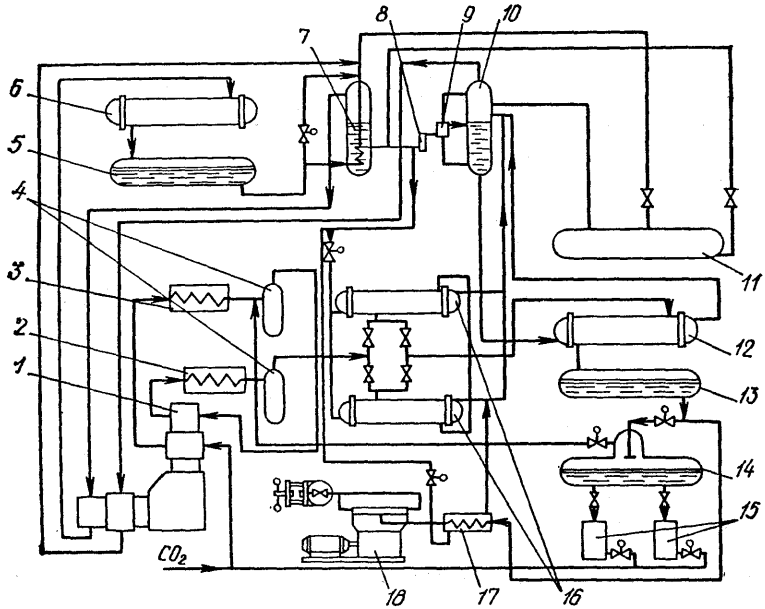
машины: нижний каскад работает на фреоне-13, верхний — на фреоне-22. Испаритель верхнего каскада служит одновременно конденсатором нижнего каскада.

В верхнем каскаде пары фреона-22 компрессором *1* отсасываются из испарительной части испарителя-конденсатора *6*, подвергаясь по пути перегреву в теплообменнике *5*. Сжатые в компрессоре пары фреона *22* через маслоотделитель *2*, снабженный автоматическим клапаном для перепуска масла в картер компрессора, подаются в конденсатор. Жидкий фреон после конденсатора проходит фильтр — осушитель *4* фреона, змеевик теплообменника *5*, где он охлаждается парами фреона, идущими из испарителя, и через регулирующую станцию поступает в межтрубное пространство испарителя-конденсатора *6*. Для опорожнения системы служит дренажный ресивер *14*. Нижний каскад работает по аналогичной схеме. В схеме нижнего каскада предусмотрена расширительная емкость, в которую поступают пары фреона-13 при остановке машины.

В технологической схеме сжижения углекислого газа и получения сухого льда (рис. 13) верхний каскад — двухступенчатый аммиачный цикл, нижний — двухступенчатый углекислотный цикл.

Первичный углекислый газ поступает в углекислотные цилиндры двухступенчатого углекислотноаммиачного компрессора, где сжимается до давления 1,5 МПа. После каждой ступени сжатия углекислый газ охлаждается водой в теплообменниках *2* и *3* и проходит через влагоотделители. Далее газ поступает в два поочередно работающих кожухотрубчатых углекислотных вымораживателя, в которых охлаждается кипящим аммиаком. За счет вымораживания влаги происходит осушка газа до температуры точки росы —20 °С, что соответствует содержанию влаги около 0,4 г/кг.

Углекислый газ сжижается в межтрубном пространстве кожухотрубчатого конденсатора-испарителя и поступает в дренажный ресивер *13* для жидкого углекислого газа, откуда сжиженный газ с помощью плунжерного углекислотного насоса разливается в углекислотные баллоны вместимостью 40 ... 50 л. При помощи углекислотного поста баллоны в вертикальном положении устанавливаются на медицинские весы. Для предотвращения парообразования сжиженного углекислого газа его переохлаждают кипящим аммиаком в теплообменнике *17*.

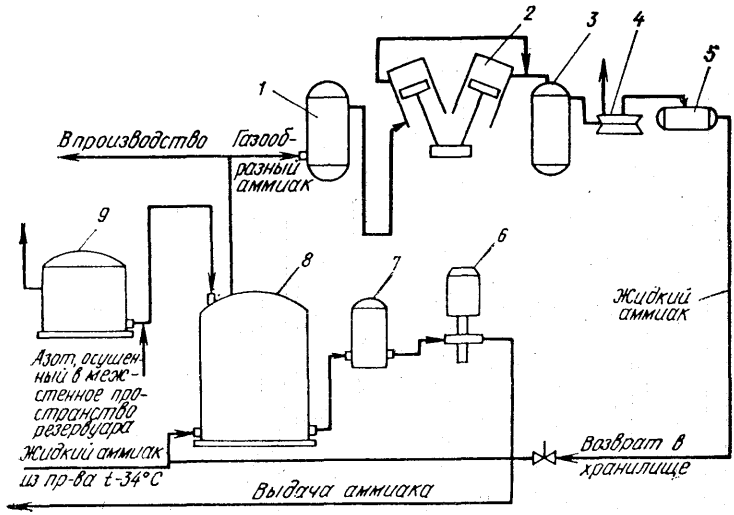


13. Схема сжижения углекислого газа и получения сухого льда

1 — компрессор; *2, 3, 17* — теплообменники; *4* — влагоотделители; *5* — ресивер; *6* — конденсатор; *7, 14* — промежуточные сосуды; *8* — фильтр; *9* — дроссельный вентиль; *10* — отделитель жидкости; *11, 13* — дренажные ресиверы; *12* — конденсатор-испаритель; *15* — формы; *16* — вымораживатели; *18* — углекислотный насос

Для получения сухого льда сжиженный газ дросселируется в промежуточный сосуд *14* с давлением 1... ...1,5 МПа. Образующиеся при этом пары отсасываются II ступенью компрессора через регулирующий вентиль, смешиваясь с первичным углекислым газом перед влагоотделителем II ступени. Далее сжиженный газ поступает в формы, в которых образуются блоки сухого льда.

Аммиачная система двухступенчатая. Пары аммиака поступают в цилиндр I ступени компрессора и подаются в промежуточный сосуд *7*, в котором охлаждается жидкий аммиак. Охлажденные пары аммиака всасываются II ступенью компрессора, затем подаются в конденсатор, где конденсируются. Сжиженный аммиак сливается из конденсатора в ресивер. Из ресивера меньшая часть аммиака через регулирующий вентиль направляется в промежуточный сосуд *7*, а большая часть через фильтр и



14. Установка для хранения жидкого аммиака в изотермическом резервуаре

1 — отделитель; *2* — компрессор; *3* — маслоотделитель; *4* — холодильник-конденсатор; *5* — ресивер; *6* — насос; *7* — фильтр; *8* — изотермический резервуар; *9* — газгольдер азота

дроссельный вентиль поступает в отделитель жидкости, из которого пары отсасываются I ступенью компрессора. Жидкий аммиак из отделителя жидкости под действием термосифонной циркуляции проходит через углекислотный вымораживатель, конденсатор-испаритель и теплообменник. Для освобождения аммиачного сосуда от аммиака есть дренажный ресивер *11*.

Для хранения газов (аммиака, этилена, пропилена, пропана, кислорода и др.) в сжиженном состоянии в последнее время широко применяют изотермические резервуары. Такой способ хранения газов дает большой экономический эффект. Для восполнения холодопотерь и поддержания изотермического режима хранения сжиженных газов применяют холодильные установки, работающие на этих же газах. На рис. 14 приведена принципиальная схема холодильной установки для хранения жидкого аммиака в изотермическом резервуаре вместимостью 10 тыс. т. Такие же схемы применяют и для хране-

ния жидкого этилена, пропилена, нестабильного бензина и др.

Переохлажденный жидкий аммиак с температурой —34 °С и давлением до 2,1 МПа из аммиачного производства поступает в изотермический резервуар, где хранится при давлении 0,002 ... 0,08 МПа и температуре —33 °С. Пары аммиака, выделяемые при хранении в результате холодопотерь, отсасываются компрессорами аммиачного производства. В аварийных случаях, при отключении компрессоров аммиачного производства, пары отсасываются компрессорами с дизельными двигателями, при этом пары аммиака с температурой —33 °С поступают через отделитель жидкости на всасывание I ступенью компрессоров с промежуточным давлением 0,24 МПа и с температурой 60 ... 70 °С нагнетаются в маслоотделитель. В маслоотделителе пары аммиака отделяются от масла, направляются на переохлаждение в промежуточный сосуд и с температурой —5 ... +5 °С поступают на всасывание II ступенью компрессоров. После II ступени пары также нагнетаются в маслоотделитель, отделяются от масла и с давлением до 1,5 МПа и температурой до +120 °С направляются в конденсаторы воздушного охлаждения. Пары аммиака конденсируются за счет отвода тепла воздухом, просасываемым вентилятором через секции конденсатора. Из конденсатора жидкий аммиак сливается в ресивер и далее в изотермический резервуар.

Межстенное пространство изотермического резервуара заполнено теплоизоляцией и осушенным азотом, давление которого поддерживается в пределах 150 ... 200 Па с помощью газгольдера постоянного давления.

Аммиак выдается потребителю или в производство насосом через фильтр.

Цикл абсорбционной холодильной машины в отличие от цикла компрессорной холодильной машины сопровождается затратой тепловой энергии при сравнительно высокой температуре. Эта затрата тепла, как и затрата механической энергии в компрессорных циклах, необходима для осуществления обратного кругового процесса. В качестве рабочего тела в абсорбционных машинах применяют так называемые бинарные растворы, т. е. растворы, состоящие из двух компонентов холодильного агента и поглотителя (абсорбента).

В водоаммиачной абсорбционной машине (рис. 15) сконденсированный в конденсаторе аммиак, пройдя ре-

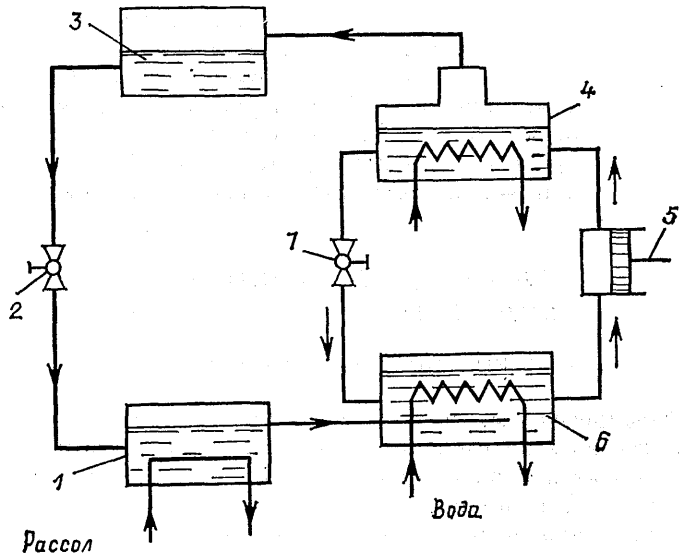
гулирующий вентиль, поступает в испаритель, где кипит за счет тепла, взятого от охлаждаемой среды. Отсос пара, образовавшегося в испарителе, обусловлен свойством воды поглощать аммиак. Практически пар, выходящий из испарителя, поглощается в абсорбере слабым водоаммиачным раствором, благодаря чему обеспечивается непрерывное кипение аммиака в испарителе при низкой температуре. Насыщенный водоаммиачный раствор из абсорбера насосом перекачивается в кипятильник. В кипятильнике в результате подвода тепла обогащенный аммиаком раствор кипит, выделяя пар почти чистого аммиака как легкокипящего компонента. Этот пар поступает в конденсатор, где сжижается при отводе тепла, а обедненная жидкость возвращается из кипятильника в абсорбер через дроссель. Таким образом, в абсорбционной машине совершается круговой процесс аммиака и круговой процесс раствора.

Пароэжекторная холодильная машина представляет собой систему, в которой обратный и прямой циклы соединены и осуществляются в одном агрегате, а энергия, необходимая для осуществления холодильного цикла, вводится в виде тепла, превращающегося затем в кинетическую энергию струи рабочего пара.

В пароэжекторной машине (рис. 16) в качестве рабочих тел можно использовать те же холодильные агенты, что и в паровых компрессорных машинах, однако применение нашли только пароводоэжекторные машины, в которых холодильным агентом является вода.

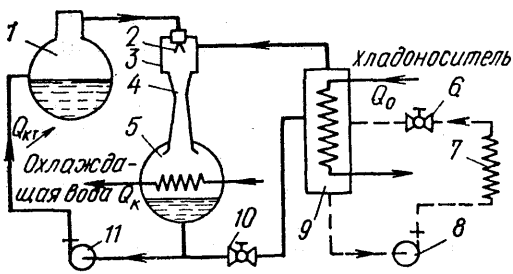
В парогенераторе при затрате тепла образуется рабочий пар высокого давления, который поступает в пароструйный эжектор, состоящий из сопла, камеры смешения и диффузора. При истечении пара через сопло в камеру смешения давление снижается до давления в испарителе, а скорость значительно возрастает. При этом потенциальная энергия пара превращается в кинетическую энергию струи, которая вытекает с большой скоростью, обеспечивая тем самым отсасывание пара низкого давления из испарителя в камеру смешения. Парообразование в испарителе происходит за счет тепла, взятого от охлаждаемой среды.

После смешения пары поступают в диффузор, где кинетическая энергия снова преобразуется в потенциальную, рабочий пар и холодный пар из испарителя сжимаются до давления конденсации. Таким образом, в эжек-



15. Водоаммиачная абсорбционная машина

1 — испаритель; *2* — регулирующий вентиль; *3* — конденсатор; *4* — кипятильник; *5* — насос; *6* — абсорбер; *7* — дроссель



16. Пароэжекторная холодильная машина

1 — парогенератор; *2* — сопло; *3* — камера смешения; *4* — диффузор; *5* — конденсатор; *6, 10* — регулирующие вентили; *7* — потребитель холода; *8* — насос рабочей воды; *9* — испаритель; *11* — конденсационный насос

торной машине тепловая энергия при истечении переходит в кинетическую (механическую), которая расходуется на отсос пара из испарителя и на сжатие смеси пара в диффузоре. Из диффузора смесь рабочего и холодного пара поступает в конденсатор, охлаждаемый водой. Образовавшаяся в конденсаторе жидкость поступает в две линии: одна часть жидкости направляется в испаритель через регулирующий вентиль *10* и совершает через него холодильный эффект, а другая, соответствующая количе-

ству рабочего пара, конденсационным насосом вновь подается в котел. В пароэжекторных машинах холодильный агент можно использовать и как хладоноситель (рабочая вода). В таких случаях холодная рабочая вода из испарителя насосом направляется к потребителю холода (батарее), а отепленная возвращается в испаритель через регулирующий вентиль *6* (на схеме показано пунктиром).

ГЛАВА II. ОБОРУДОВАНИЕ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

1. ПОРШНЕВЫЕ КОМПРЕССОРЫ

Компрессорами называют машины, предназначенные для сжатия и перемещения газов. Поршневые компрессоры относятся к разряду компрессоров объемного действия, в которых процесс сжатия и перемещения газа происходит в замкнутом пространстве за счет изменения его объема. В поршневых компрессорах таким пространством является рабочий цилиндр, а органом, воздействующим на газ с целью изменения его объема, — поршень.

Поршневые компрессоры различаются:

по принципу действия — с цилиндрами простого и двойного действия, а также с дифференциальным цилиндром;

по числу ступеней сжатия — одно-, двух-, трехступенчатые и более. Обычно число ступеней не превышает семи;

по числу цилиндров — одно-, двух-, трехцилиндровые и более;

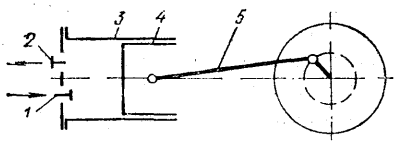
по числу рядов, в которых располагаются цилиндры, — одно-, двух- и многорядные;

по ориентации цилиндров в плоскости — горизонтальные, вертикальные, угловые и V-образные, звездообразные;

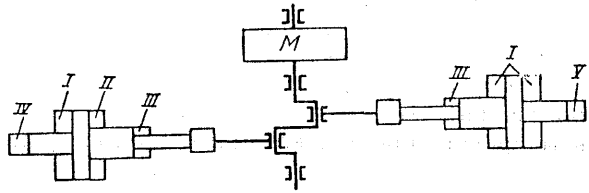
по устройству кривошипно-шатунного механизма — на бескрейцкопфные и крейцкопфные;

по конструктивному выполнению цилиндров — разъемные (блок цилиндров и картер представляют собой отдельные детали) и блок-картерные (блок цилиндров и картер изготовлены в виде одной отливки);

по типу привода — с электродвигателем, двигателями внутреннего сгорания;



17. Одноступенчатый поршневой компрессор
1, 2 — клапаны; *3* — цилиндр; *4* — поршень; *5* — шток (шатун)



18. Оппозитный горизонтальный компрессор
III, I, V — ступени компрессора в первом ряду; *III, II, I, IV* — ступени во втором ряду

По степени герметичности — герметичные с заваренным кожухом, сальниковые или открытые с уплотнением вала, с открытым картером и сальниковым уплотнением штока при выходе его из цилиндра, бессальниковые со встроенным двигателем, имеющим фланцевые разъемы;

по направлению движения агента в цилиндре — прямоточные (агент движется в цилиндре в одном направлении); непрямоточные (агент меняет направление движения, следуя за поршнем).

В одноступенчатом компрессоре (рис. 17) цилиндр с одной стороны закрыт крышкой, в которой расположены всасывающий *1* и нагнетательный *2* клапаны. При движении поршня вправо газ всасывается, а при движении влево — сжимается и выпускается через нагнетательный клапан.

Оппозитные горизонтальные компрессоры. Компрессоры с взаимно противоположным движением поршней относительно коленчатого вала называют оппозитными (рис. 18). Основные сборочные единицы оппозитных компрессоров нормализованы. Оппозитная база состоит из станины, коленчатого вала, шатунов, крейцкопфов и направляющих механизм проворачивания коленчатого вала и сборочных единиц системы циркуляционной смазки, кривошипно-шатунного механизма. Привод компрессоров — синхронные электродвигатели или газовые двига-

тели внутреннего сгорания. Электродвигатели соединяются с коленчатым валом компрессора двумя способами: ротор электродвигателя насаживают на консульную часть коленчатого вала, один конец вала электродвигателя с помощью фланца жестко соединяют с коленчатым валом компрессора, а второй — опирают на выносной подшипник. Основные параметры базы — поршневая сила, ход поршня и частота вращения вала в минуту.

В зависимости от числа рядов цилиндров и расстояния между ними каждая база может иметь несколько модификаций, у которых унифицированы шатуны, крейцкопфы, направляющие крейцкопфов, коренные подшипники и механизм проворачивания коленчатого вала (табл. 2).

2. Модификация поршневых компрессоров

Оппозитная база	Модификация по числу рядов	Поршневая сила, кН	Число рядов	Ход поршня, мм	Частота вращения, мин$^{-1}$	Средняя скорость поршня, м/с	Расстояние между рядами, мм	Наибольшая мощность на валу компрессора, кВт
М10	2М10		2		500	3,67		430
					600	4,4		580
	4М10	100	4	220	500	3,67	1380	960
					600	4,4		1160
	6М10		6		500	3,67	1380	1450
					600	4,4		1740

Условное обозначение базы состоит из буквы и цифры. Буква М означает многорядность, цифры — номинальную поршневую силу — 10 т (100 кН). К условному обозначению модификации оппозитной базы перед буквой добавляется цифра, обозначающая число рядов цилиндров, например, 2М10.

В обозначении марки оппозитного поршневого компрессора первые цифры указывают базу, вторые — производительность, м^3/мин, третьи — давление нагнетания, кгс/см^2. Например, марка 4М10-100/8 означает, что компрессор 4-рядный, на базе М10, производительностью 100 м^3/мин и давлением нагнетания 8 кгс/см^2 (0,8 МПа).

Конструкции сборочных единиц оппозитных баз всех марок компрессоров аналогичны. Картер — чугунный литой, прямоугольной формы, коробчатого сечения. Коренные подшипники с тонкостенными вкладышами залива-

ют баббитом. Каждый вкладыш состоит из двух частей с разъемом в горизонтальной плоскости. Второй коренной подшипник со стороны электродвигателя — опорно-упорный. Направляющая крейцкопфа — чугунная литая, консольного типа, опирается на опору; коленчатый вал — стальной, кованый, без противовесов; шатуны — стальные, кованые, с открытой кривошипной и закрытой крейцкопфными головками; крейцкопфы — литые, с двумя отъемными башмаками. Смазка механизма движения — циркуляционная под давлением.

Обозначение марок компрессоров в холодильных системах отличается от обычных. В марку, согласно действующим ГОСТам, входит буква, обозначающая холодильный агент, на котором работает компрессор; число цилиндров и их расположение, конструкция для уплотнения картера, число ступеней сжатия, температурный режим работы и холодопроизводительность. Холодильный агент в марке обозначается начальной буквой его названия: аммиак — буквой А, фреон (хладон) — буквой Ф.

Расположение и число цилиндров показывают буквами О, В, У и УУ, что соответственно означает: оппозитный, вертикальный, двухцилиндровый, У-образный четырехцилиндровый и УУ-образный восьмицилиндровый. Буквы Г и БС в марке обозначают, что компрессор герметичный или бессальниковый. Если этих букв нет, то он открытый сальниковый. Двухступенчатые компрессоры обозначают буквой Д. Отсутствие этой буквы в марке означает, что компрессор одноступенчатый. Режимы работы герметичных компрессоров показывают: плюсовой или высокотемпературный — буквой П или В, низкотемпературный — буквой Н, среднетемпературный или стандартный — буквой С. После буквенных обозначений в конце марки пишут число, показывающее холодопроизводительность компрессора при стандартном режиме работы.

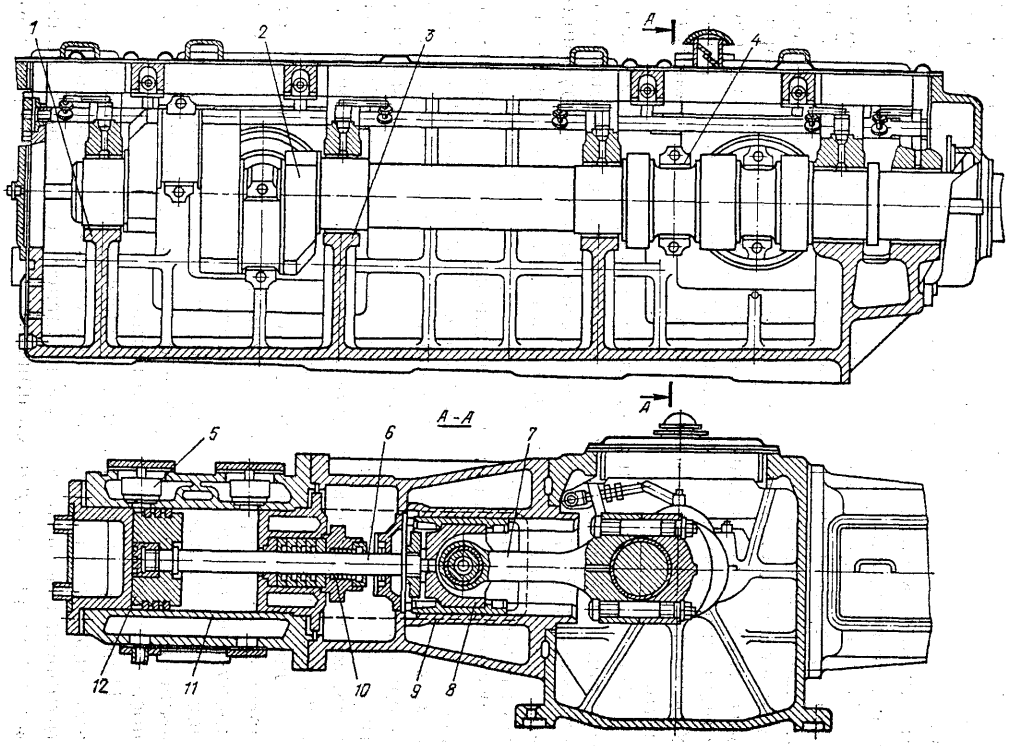
Сальниковые холодильные аммиачные компрессоры А0600П и А01200П предназначены для работы в составе крупных холодильных установок. Компрессоры — крейцкопфные, горизонтального типа, с оппозитным расположением цилиндра и взаимнопротивоположным движением поршней, с водяным охлаждением. Компрессор А0600П выполнен на базе 2М10, компрессор А01200П — на базе 4М10. Смазка механизма движения (коренных и шатунных подшипников и крейцкопфных головок) — циркуля-

ционная под давлением от шестеренного насоса, смазка цилиндров и сальников от плунжерного насоса. Компрессоры поставляются в сборе.

Рама *1* компрессора А01200П (рис. 19) — основная деталь, связывающая кривошипно-шатунный механизм и цилиндропоршневую группу оппозитного компрессора. Нижняя часть рамы используется как емкость для масла в циркуляционной схеме смазки кривошипно-шатунного механизма. Коленчатый вал укладывают в коренные подшипники. Кривошипно-шатунный механизм состоит из коленчатого вала, шатуна, крейцкопфа, штока. Поршень двигается возвратно-поступательно в цилиндре. Для уплотнения штоков применяют сальники. Ротор электродвигателя насажен на консоль коленчатого вала компрессора (рис. 20) колонку привода вентиля и агрегат для смазывания располагают на верхней части фундамента. Грязеуловители, запорный вентиль, трубопроводы размещают в подвальном помещении.

Компрессоры П-220. В холодильных установках широко применяют *W*-образные компрессоры типа П-220 — бескрейцкопфные, непрямоточные, одноступенчатые, восьмицилиндровые (рис. 21).

Блок-картер — одна из основных сборочных единиц компрессора — представляет собой чугунную отливку. Его полость всасывания отделена от полости картера перегородкой, в которой имеются уравнительные отверстия с маслоотбойниками. Через них отсасывается газ, перетекающий в полость картера через зазоры в поршневых кольцах, поэтому в полости картера поддерживается давление, равное давлению всасывания. Во фреоновых компрессорах масло, поступившее во всасывающую полость с потоком газа, через эти отверстия возвращается в картер. Цилиндры блок-картера имеют вставные гильзы, верхний торец гильз служит седлом всасывающего клапана. Всасывающие клапаны — самодействующие, однокольцевые, пружинные. Фреоновые и аммиачные клапаны отличаются высотой подъема пластин. Нагнетательные клапаны — самодействующие, пружинные, двухкольцевые, устанавливают их в направляющей всасывающего клапана. Они служат ложной крышкой цилиндра, предохраняющей компрессор от разрушения в случае гидравлического удара. Коленчатый вал стальной, штампованный, двухколонный, двухопорный, на подшипниках качения. Колена расположены под углом 180°. Противо-



19. Компрессор А01200П

1 — рама; *2* — коленчатый вал; *3* — коренной подшипник; *4* — шатунный подшипник; *5* — клапан; *6* — шток; *7* — шатун; *8* — крейцкопф; *9*—направляющая крейцкопфа; *10* — сальник; *11* — цилиндр; *12* — поршень

весы отштампованы заодно с валом. Для подачи масла на шатунные подшипники в вале просверлены отверстия. Шатуны — стальные штампованные. Нижняя головка шатуна имеет косой разъем, в котором устанавливают биметаллические вкладыши с антифрикционным слоем из алюминиевого сплава. Затягивают шатунные болты через боковые окна блок-картера. В крышке шатуна запрессованы штифты, обеспечивающие совпадение боковых плоскостей крышки и тела шатуна.

Для удобства обслуживания все шатунно-поршневые группы маркируют порядковым номером. Номер определяет положение шатунной шейки коленчатого вала по отношению к сальнику. Ближайшая к сальнику шейка считается первой.

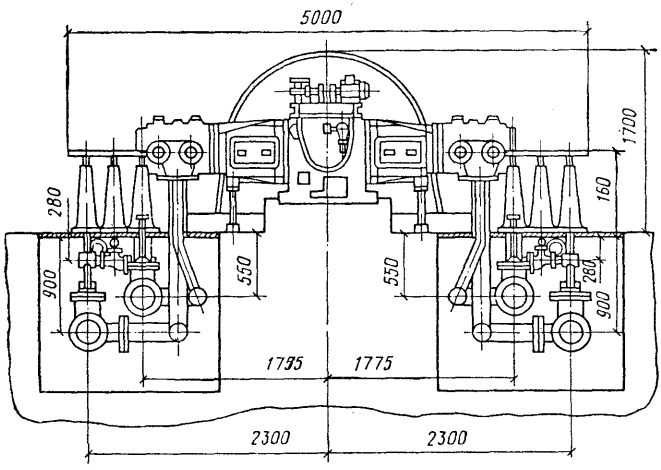
Поршни—литые из алюминиевого сплава с двумя компрессорными и двумя маслосъемными кольцами. Для уменьшения вредного пространства верхний торец поршня имеет специальную конфигурацию. Сальник — торцового типа, двусторонний, маслозаполненный. Торцовое уплотнение достигается парой трения сталь — графит. Уплотняют подвижные кольца по валу резиновыми кольцами.

Основные сборочные единицы компрессора. Самодействующие клапаны (обязательные в каждом поршневом компрессоре) пропускают газ из всасывающего трубопровода в цилиндр в период всасывания и из цилиндра в нагнетательный трубопровод в период нагнетания.

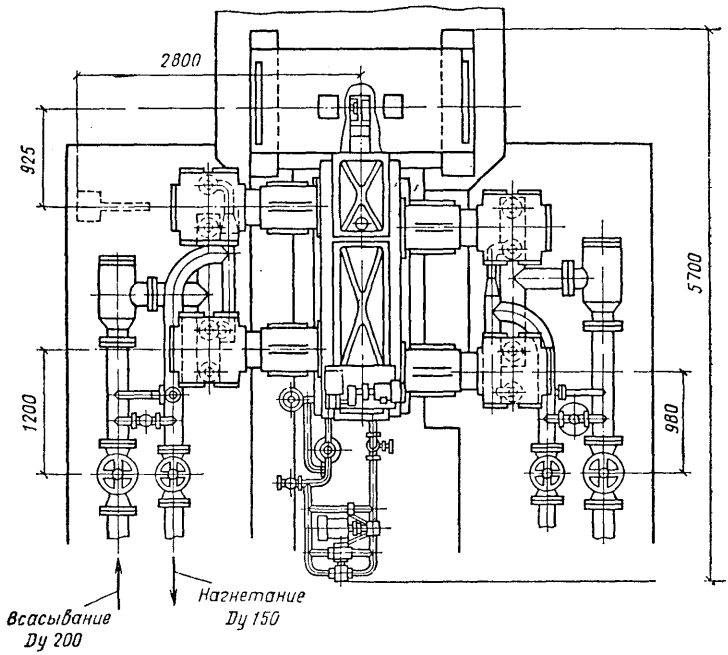
Короткий ход поршня у цилиндра оппозитных компрессоров затрудняет размещение клапанов на цилиндрах и крышках, поэтому необходимо увеличивать проходное сечение клапана путем увеличения высоты подъема пластин, хотя при этом срок их службы снижается. От этого, а также от пропускной способности клапана зависит надежность работы компрессора.

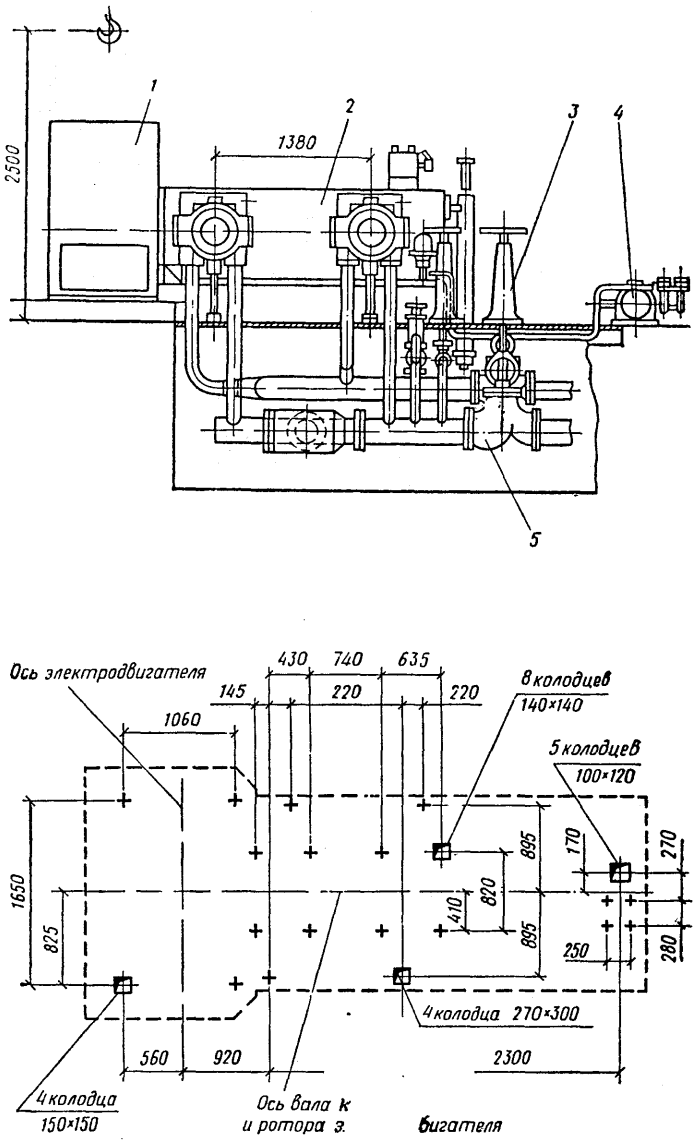
Клапаны — ответственная сборочная единица компрессора. От герметичности клапанов зависит величина пропусков сжатого газа, а следовательно, и экономичность работы компрессора. Пропуски газа вызывают повышение его температуры, что связано с увеличением износа поршневых колец и сальников.

Цилиндры поршневых оппозитных воздушных и газовых компрессоров первых трех ступеней снабжены прямоточными всасывающими и нагнетательными клапанами. Их не рекомендуется применять в компрессорах, сжи-


5000
1700
160
280
900
550
550
280
900
1775
1775
2300
2300

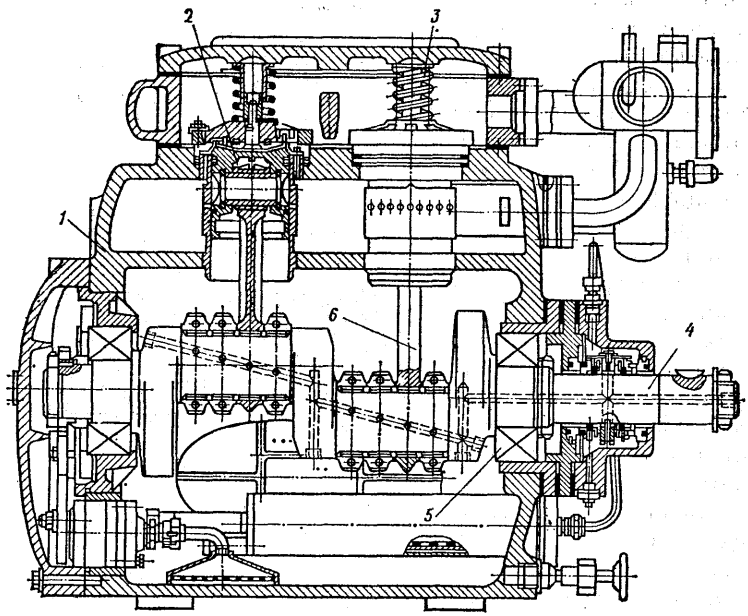
Вид сверху


2800
925
1200
5700
980
Всасывание
Ду 200
Нагнетание
Ду 150



20. Габаритные и присоединительные размеры

1 — электродвигатель; *2* — компрессор; *3* — колонка привода вентиля; *4* — агрегат для смазывания; *5* — запорный вентиль



21. Продольный разрез компрессора П-220

1 — блок-картер; *2* — цилиндры; *3* — всасывающие клапаны; *4* — коленчатый вал; *5* — подшипник; *6* — шатун

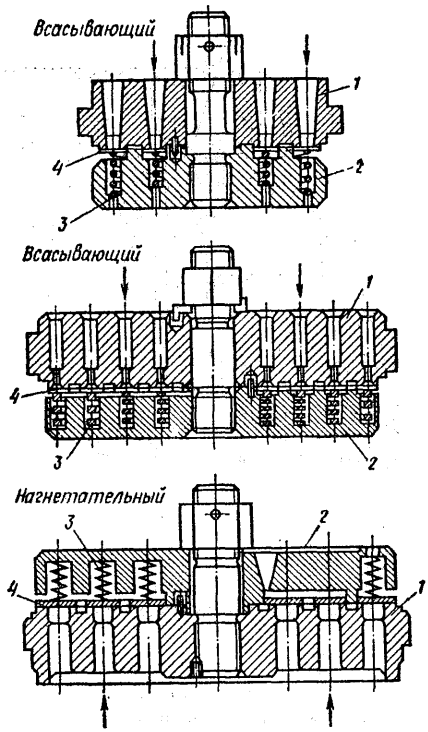
мающих загрязненные газы. Прямоточные клапаны, у которых поток газа параллелен пластинам, имеют хорошие газодинамические характеристики и значительно большую пропускную способность, чем клапаны других типов. Долговечность прямоточных клапанов в несколько раз больше, чем кольцевых.

На цилиндрах высоких ступеней применяют кольцевые пластинчатые клапаны различных конструкций (рис. 22), а также комбинированные. Под воздействием давления паров холодильного агента пластины отжимаются и пропускают хладоагент. В седле всасывающих клапанов располагают пружины, которые прижимают пластины к розетке клапана. В нагнетательных клапанах пружины размещают в розетке клапана.

Сальники с плоскими чугунными кольцами (рис. 23) используют преимущественно на низких и средних давлениях, но не выше 4 МПа. В зависимости от уплотняе-

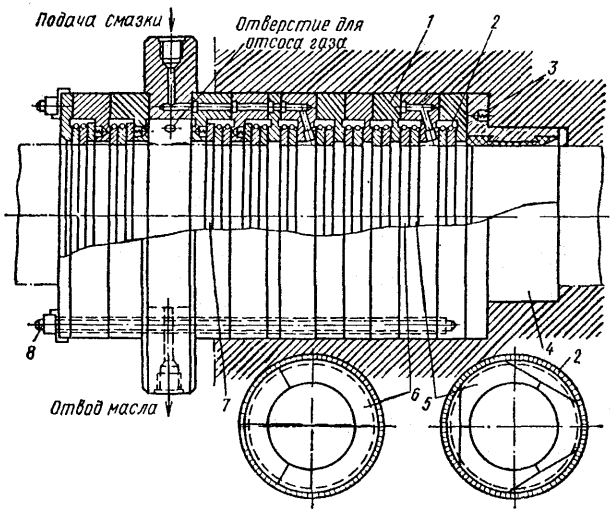
мого давления берут 3...8 колец. В камере располагают уплотняющие кольца из трех частей и замыкающие кольца из шести частей. Уплотняющие кольца *5* и *6* прижимают друг к другу с помощью нажимных колец и пружин. Весь комплект колец сальника закрепляют стяжными шпильками. В полость сальника подают масло, а просочившийся газ отсасывают.

На средних и высоких давлениях применяют сальники с коническими уплотняющими элементами (рис. 24). Уплотняющие элементы этих сальников состоят из трех колец с поперечными разрезами. В кольцо Т-образного сечения вложены два кольца с конической поверхностью таким образом, что разрезы всех колец перекрываются. Коническими поверхностями элементов кольца прижимаются в поверхности штока. Для создания дополнительного уплотнения сальники высокого давления промывают маслом. Масло способствует также охлаждению штока и самого сальника. При сборке сальников особое внимание обращают на правильность установки уплотняющих колец и совпадение отверстий для подачи смазки. Весь комплект колец сальника закрепляют.



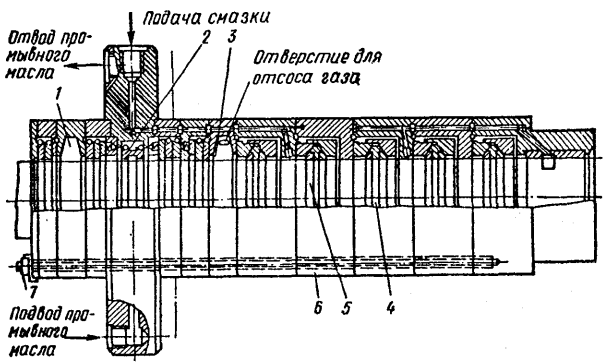
22. Кольцевые пластинчатые клапаны *1* — седло; *2* — розетка; *3* — пружина; *4* — пластина

Сальник, показанный на рис. 25, — торцового типа, двусторонний, маслозаполненный. Торцовое уплотнение достигается парой трения сталь — графит. Обойма *5* вращается вместе с графитовыми кольцами *6*. Стальные



23. Сальник с плоскими чугунными кольцами

1 — камера; *2* — браслетная пружина; *3* — пружина; *4* — дроссельная втулка; *5* — замыкающее кольцо из шести частей; *6* — уплотняющее кольцо из трех частей; *7* — нажимное кольцо; *8* — стяжная шпилька

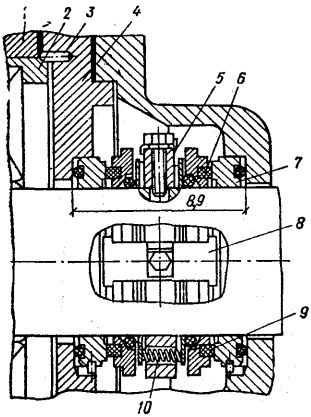


24. Сальник с коническими элементами уплотнения

1 — дополнительная камера; *2* — промывная камера; *3* — камера отсоса газа; *4* — кольцо Т-образного сечения; *5* — кольцо с конической поверхностью; *6* — камера; *7* — шпилька

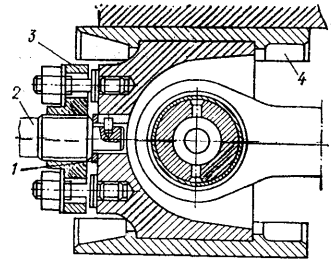
кольца *7* неподвижные. Усилие трения обеспечивается пружиной, уплотнение — резиновым кольцом *10*.

Шток в оппозитных компрессорах типа А0 соединяется с крейцкопфом фланцем (рис. 26). Особое внимание обращают на равномерную затяжку гаек на шпильках,



25. Сальник компрессора П-220

1 — блок-картер; *2* — стакан подшипника; *3* — штифт; *4* — диск сальника; *5* — обойма; *6, 7, 10* — кольца; *8* — планка; *9* — пружина



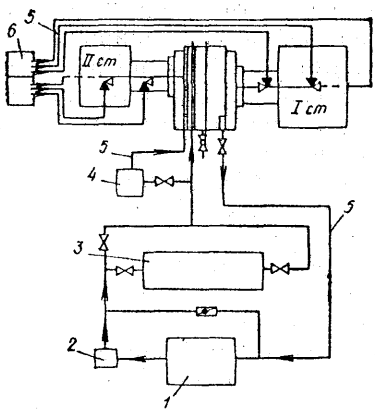
26. Фланцевое соединение штока с крейцкопфом

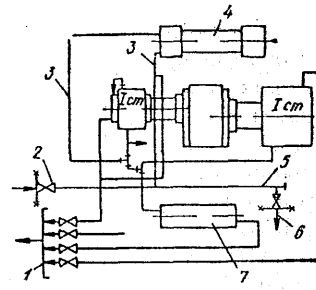
1 — шайба; *2* — шток; *3* — фланец; *4* — крейцкопф

крепящих шток к крейцкопфу. Величину вредного пространства регулируют шайбами.

Система смазывания поршневых компрессоров. Компрессоры в зависимости от конструкции и назначения снабжаются одной или двумя системами смазывания. В бескрейцкопфных компрессорах и компрессорах без смазывания цилиндров и сальников применяют только смазывание механизма движения — циркуляционная система смазывания. В компрессорах двойного действия для смазки цилиндрово-поршневой группы и сальников помимо циркуляционной системы смазывания применяют систему смазывания с помощью многоплунжерных насосов.

К трущимся поверхностям механизма движения масло подводят разбрызгиванием или под давлением с разбрызгиванием. Смазывание разбрызгиванием применяют в компрессорах малой производительности. Масло заливают в картер до определенного уровня. В некоторых машинах применяют специальные устройства для поддержания уровня масла. При работе компрессора черпачок, прикрепленный к шатуну, или специальное кольцо, насаженное на вал, захватывает масло и создает во внутренней полости картера масляный туман, который смазывает стенки цилиндров, поршневые пальцы, коренные и шатунные подшипники. Такая система смазывания тре-





28. Схема охлаждения компрессора

1 — воронка; *2* вентиль входа воды; *3* — водопроводы; *4* — промежуточный холодильник; *5* — коллектор; *6* — вентиль слива воды; *7* — масляный холодильник

27. Схема смазывания механизма движения, цилиндров и сальников

1 — насос; *2* — фильтр; *3* — коллектор; *4* — фильтр тонкой очистки; *5* — маслопроводы; *6* — многоплунжерный насос

бует контроля за уровнем масла в картере. В процессе работы масло не фильтруется, постепенно загрязняется, что влечет за собой преждевременный износ машины.

В схеме принудительного смазывания механизма движения, цилиндров и сальников поршневого компрессора (рис. 27) в цилиндры и сальники масло поступает от многоплунжерного насоса по маслопроводам, а к механизму движения — от насоса.

Система охлаждения предназначена для отвода тепла от деталей и сборочных единиц, соприкасающихся во время работы компрессора с горячими газами (цилиндров, крышек, сальников и др.), и поддержания в них температуры, допустимой с точки зрения работоспособности применяемых материалов, зазоров в сопряжениях.

Температурный режим работы компрессора существенно влияет как на показатели компрессора, так и на износостойкость деталей цилиндрово-поршневой группы. Кроме того, система охлаждения (рис. 28) предназначена для отвода тепла в межступенчатом концевом и масляном холодильниках. Вода подается через вентиль в коллектор, промежуточный холодильник и далее поступает к сборочным единицам компрессора, требующим охлаждения. Подача воды регулируется вентилем. Отработанная вода сливается через воронку.

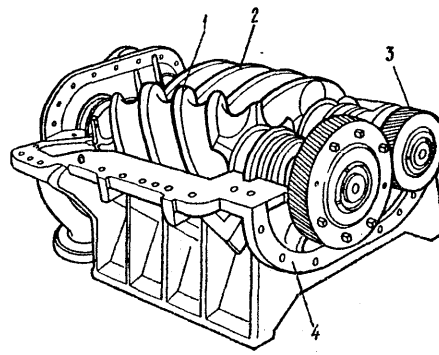
Регулирование производительности компрессора. Расход газа из сети может колебаться в очень широких пределах в зависимости от режима работы потребителей сжатого газа; кроме того, производительность компрессора зависит от температуры, давления и влажности всасываемого газа и состояния компрессора. Задача регулирования производительности — привести в соответствие расход газа и производительность компрессора.

Производительность компрессора регулируют: воздействием на привод — ступенчатое или плавное изменение частоты вращения приводного двигателя; воздействием на элементы газового тракта — перевод компрессора на работу без противодавления, дросселирование газа во всасывающем трубопроводе, дросселирование сжатого газа при перепуске со стороны нагнетания на всасывание (байпасирование); воздействием на всасывающие и нагнетательные клапаны — удержание всасывающих и нагнетательных клапанов в открытом состоянии на всем или на части хода поршня; изменением вредного пространства цилиндров — ступенчатое или плавное подключение дополнительных объемов вредного пространства.

Поставку компрессоров заводы-изготовители осуществляют в соответствии с ТУ 26-12-97-70 «Компрессоры. Общие требования к поставке. Технические условия». Поршневые холодильные компрессоры поставляют полностью собранными.

2. ВИНТОВЫЕ КОМПРЕССОРЫ

Большое будущее в холодильной технике принадлежит винтовым компрессорам: они имеют небольшие габариты, работают при высокой частоте вращения, их техническая характеристика близка к характеристике поршневых компрессоров. В цилиндре компрессора (рис. 29) с очень



29. Винтовой компрессор
1, 2 — роторы; *3* — зубчатое колесо; *4* — цилиндр

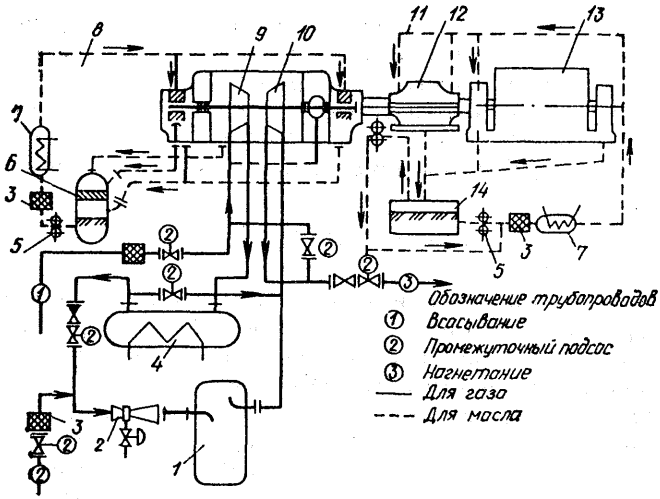
малым зазором расположены два винтообразных ротора *1* и *2*, выступ одного из которых постоянно находится во впадине другого. При вращении роторов газ, находящийся в зазоре между ними, сжимается и выталкивается из корпуса компрессора. Синхронность вращения роторов обеспечивается двумя зубчатыми колесами.

3. АГРЕГАТЫ АТКА

Основная область применения аммиачных холодильных турбокомпрессорных агрегатов АТКА — предприятия химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности. Выпускаются агрегаты холодопроизводительностью до 8000 тыс. ккал/ч. Каждый агрегат имеет свой индекс, например, АТКА-545—6000 (АТКА — агрегат турбокомпрессорный аммиачный; первая цифра — число ступеней в турбокомпрессоре; две следующие цифры — наружный диаметр колес, см; четыре цифры после тире — холодопроизводительность, тыс. ккал/ч).

Агрегат имеет привод от синхронного или асинхронного электродвигателя через мультипликатор, двухэтажную компоновку. Компрессор, редуктор и электродвигатель устанавливаются на отметке +4,80 м.

Агрегат АТКА-545 (рис. 30) поставляется семью узлами: турбокомпрессор (7762 кг); мультипликатор (1713 кг); агрегат системы смазки турбокомпрессора (915 кг); агрегат системы смазки мультипликатора (1160 кг); промежуточный охладитель газа (13 300 кг); электродвигатель (12 920 кг); система автоматики (945 кг). Общая масса агрегата с электродвигателем — 38 625 кг. Работает установка следующим образом. Парообразный аммиак засасывается в первую секцию компрессора, где сжимается до промежуточного давления. Сжатые пары поступают в промежуточный холодильник, где частично охлаждаются. Затем в трубопровод по ходу газа впрыскивается жидкий аммиак, который, попадая в газовый поток низкого давления, испаряется и тем самым охлаждает газообразный аммиак. Далее охлажденный аммиак проходит отделитель жидкости и всасывается во вторую секцию компрессора, где сжимается до давления конденсации. Из второй секции компрессора сжатые пары поступают последовательно в конденса-



30. Схема габарита АТКА-545

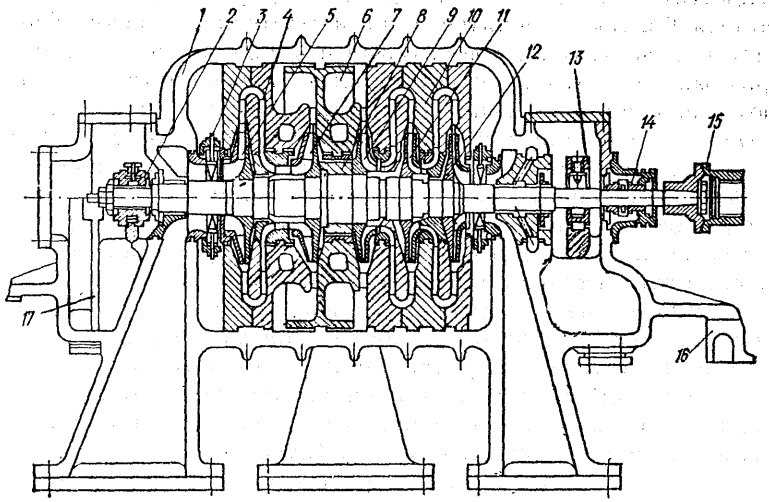
1 — отделитель жидкости; *2* — труба Вентури; *3* — фильтр; *4* — промежуточный холодильник; *5* — электромаслонасос; *6, 14* — маслобаки; *7* — маслоохладитель; *8* — смазочная система компрессора; *9* — первая секция компрессора; *10* — вторая секция компрессора; *11* — смазочная система мультипликатора и электродвигателя; *12* — мультипликатор; *13* — электродвигатель

тор, ресивер, промежуточный сосуд и испаритель (на схеме не показано).

Основные узлы аммиачных агрегатов АТКА унифицированы между собой и с рядом других турбоагрегатов.

Корпус турбокомпрессора (рис. 31) отлит из чугуна. Средняя часть корпуса выполнена в виде цилиндра с продольными и кольцевыми ребрами жесткости. Корпус имеет горизонтальный разъем. Верхняя и нижняя половины корпуса соединяются стяжными шпильками, установленными во фланце нижней половины. Точность взаимного положения верхей и нижней половин корпуса фиксируется двумя коническими штифтами с резьбовым хвостовиком, облегчающим выемку штифтов. Во фланце горизонтального разъема верхней половины имеются 4 отжимных болта для облегчения подъема.

Для направления верхней половины корпуса при монтаже предусмотрены две стяжные шпильки увеличенной длины с направляющими втулками. Высота этих шпилек превышает максимальный радиус ротора, уложенного в подшипники. Это предотвращает задевание ротора о корпус, обеспечивая направление движения верхней половины корпуса при ее подъеме и опускании по вертика-



31. Турбокомпрессор

1 — корпус; *2* — подшипник опорно-упорный; *3* — механизм поворотных лопаток; *4, 6, 10* — диафрагмы в сборе; *5* — колесо в сборе I ступени; *7* — колесо в сборе II ступени; *8* — думмис; *9* — колесо в сборе V ступени; *11* — колесо в сборе IV ступени; *12* — колесо в сборе III ступени; *13* — подшипник; *14* — сальник; *15* — полумуфта; *16* — лапы; *17* — труба уравнительная

ли во время сборки или разборки компрессора. Для крепления к фундаментной раме на корпус прилиты 4 лапы. Ось компрессора фиксируется направляющей шпонкой (на приливе со стороны всасывания) и коническим штифтом (на приливе со стороны привода). В подшипниковых камерах корпуса имеются отверстия для подачи и слива масла из подшипников и для подачи в торцовое уплотнение, для уравнивания давления в подшипниковых камерах и маслобаке. В верхней половине корпуса находятся люки для обеспечения доступа к подшипникам без подъема верхней половины корпуса. Всасывающие и нагнетательные патрубки направлены вниз. Горизонтальный разъем корпуса уплотняется паронитовой прокладкой толщиной 0,6 мм. Для подъема верхней половины корпуса на ней выполнены специальные приливы.

Неподвижные элементы проточной части компрессора (диафрагмы) выполнены из литых чугунных дисков, скрепленных между собой болтами повышенной точности. Внутри пакетов образованы каналы для прохода газа. Диффузоры и направляющие аппараты лопаточные.

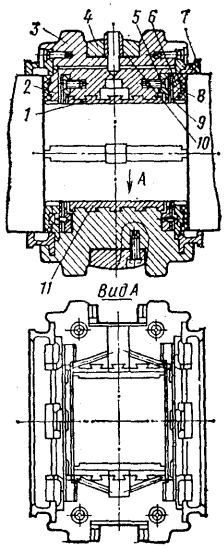
Лопатки отфрезованы совместно с основным диском, который болтами крепится к промежуточному диску. Торцовые зазоры между лопатками и направляющими аппаратами и стенками соответствующих дисков устанавливают с помощью алюминиевых регулировочных прокладок. Для компенсации тепловых расширений между корпусом и диафрагмами выполнен радиальный зазор, равный 1 мм. Диафрагмы, установленные в корпусе с помощью подвесок со специальными пружинами, могут расширяться по периферии, не меняя своего концентрического положения относительно оси расточки корпуса.

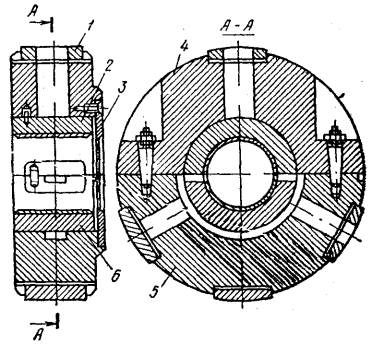
Думмис служит для уравновешивания части осевого усилия, возникающего на рабочих колесах. Компенсируемое думмисом осевое усилие прижимает ротор постоянно к одной стороне подшипника и не допускает колебаний ротора в осевом направлении за счет зазора в подшипнике в переходные режимы работы (пуск, остановка).

Рабочее колесо компрессора состоит из основного и покрывного дисков. Основной диск выполнен совместно с лопатками (цельнофрезерованный). Покрывной диск сверлится совместно с основным (через лопатки) и крепится к нему заклепками, а также припаиванием или сваркой. Колеса (основной и покрывной диски, заклепки) изготовляют из титанового сплава или легированной стали. На покрывных дисках по периферии между лопатками выполнены антивибрационные выборки, повышающие прочность и вибростойкость колеса. Каждое колесо после сборки проходит статическую балансировку.

Подшипники компрессора размещаются в подшипниковых камерах корпуса: опорный — со стороны привода, опорно-упорный — со стороны всасывания. Опорно-упорный подшипник (рис. 32) воспринимает осевую и радиальную нагрузки и фиксирует положение ротора в осевом направлении. Упорная часть опорно-упорного подшипника выполнена с 8 упорными сегментами *2, 6*. Необходимый осевой зазор 0,2 . . . 0,3 мм между сегментами и упорными дисками ротора выдерживается за счет шлифуемого дистанционного колеса. В осевом направлении положение подшипников относительно корпуса может регулироваться шлифовкой шайб, крепящихся к корпусу подшипника.

Залитый непосредственно в корпус подшипника баббит образует его опорную часть. Масло в подшипник проводится через сверления корпуса и подшипника и далее





▲ 33. Опорный подшипник

1 — сухарь; *2* — вкладыш подшипника верхний; *3* — кольцо маслосъемное; *4* — половина подшипника верхняя; *5* — половина подшипника нижняя; *6* — вкладыш подшипника нижний

32. Опорно-упорный подшипник

◀ *1, 11* — вкладыши; *2* — сегмент упорный левый; *3* — крышка; *4* — сухарь; *5, 10* — прокладки дистанционные; *6* — сегмент упорный правый; *7* — ловушка; *8* — кольцо пружинное; *9* — кольцо

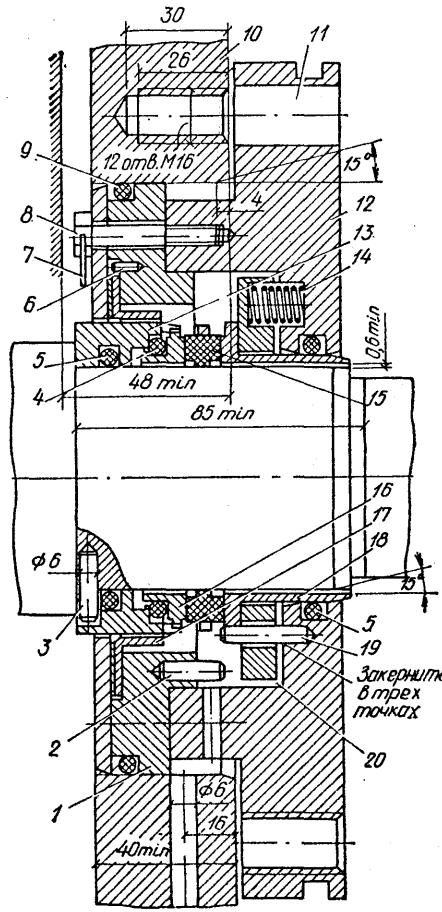
по канавкам в плоскости разъема подшипника поступает в радиальную часть и к обеим сторонам упорного подшипника. Из подшипника масло сливается через радиальные зазоры с обеих сторон подшипника между упорными дисками и гребнями масляных лабиринтов.

Опорный подшипник (рис. 33) воспринимает радиальные нагрузки. Он выполнен в виде чугунных разрезных вкладышей *2* и *6* с заливкой баббитом, установленных в корпусе компрессора. Масло в подшипник подается через сверления в корпусе компрессора и подшипника и по фрезерованной канавке в разъеме вкладыша. Масло из подшипника сливается через радиальные зазоры между валом и гребнями масляных лабиринтов. Количество масла, подаваемого в подшипники, регулируется изменением отверстий в дроссельных диафрагмах (дюзах), установленных в штуцерных соединениях маслоподводящих труб. Оба подшипника крепятся к корпусу чугунными крышками, которые фиксируются относительно корпуса коническими штифтами.

Для уменьшения перетечек между ступенями компрессора, а также между газовой полостью и подшипниковыми камерами служат лабиринты уплотнения. Уплотнения изготовляют из стальной ленты толщиной 0,3 мм, заче-

каненной в пазы ротора с помощью проволоки.

Торцовые уплотнения (рис. 34) в холодильных агрегатах бывают двух типов: для герметизации выходного вала (ротора) компрессора и для герметизации выходного вала маслонасоса смазочной системы компрессора. Торцовые уплотнения представляют собой систему подвижных и неподвижных элементов, обеспечивающих уплотнение выходных концов валов как при работе, так и при остановке машины. В полости уплотнения циркулирует масло, обеспечивая гидравлический затвор, смазывание и охлаждение. Уплотнение состоит из корпуса и крышки, в которой монтируются основные детали уплотнения.



34. Уплотнение торцевое

1 — крышка; *2, 3, 6, 19* — штифты; *4, 5, 9* — кольца уплотнительные; *7* — проволока; *8* — болт; *10* — корпус турбокомпрессора; *11* — отверстие под шпильку; *12* — корпус; *13, 16, 18* — втулки; *14* — пружина; *15* — кольцо графитовое; *17* — клавишный подшипник; *20* — обойма

В корпусе уплотнения первого типа устанавливается невращающаяся втулка *18*, свободно перемещающаяся в осевом направлении. Стык между втулкой и корпусом уплотняется резиновым кольцом *5*. От проворота положение втулки фиксируется штифтом *19*. Втулка обладает некоторой свободой углового коле-

бания за счет упругости резины. Это позволяет ей самоустанавливаться так, что торцовая рабочая поверхность располагается перпендикулярно оси вращения вала.

Давление на рабочих торцовых поверхностях уплотнения регулируется изменением числа устанавливаемых пружин. На валу компрессора устанавливается ведущая втулка *13*. Крутящий момент на втулку передается штифтом *3*. Стык между валом и втулкой уплотняется резиновым кольцом *5*. На наружной поверхности втулки *13* установлен плавающий подшипник для удержания масла в полости уплотнения. Подшипник представляет собой кольцо, залитое баббитом по торцовой и внутренней плоскостям. Подшипник установлен в расточке крышки и может перемещаться в радиальном направлении; от проворота фиксируется штифтом *6*.

Ведущая втулка *13* соединена с уплотнительной втулкой *16* поводками, входящими в ее пазы. Втулка *16* устанавливается подвижно на резиновом кольце, благодаря чему обеспечивается возможность самоустановки торцовой плоскости втулки относительно плоскости сопрягаемого с ней графитового кольца, которое установлено между подвижной и неподвижной уплотнительными втулками, стыкуясь с их рабочими поверхностями.

Масло в полость уплотнения подводится в верхнюю часть корпуса от системы смазывания компрессора. Сливается масло через зазор в плавающем подшипнике. Уплотнение одностороннего типа состоит из одной пары трения и плавающего подшипника (со стороны газовой полости). Уплотнение этого типа имеет минимальный осевой размер, наименьшее число изнашиваемых деталей, упрощенную пакетную сборку, что значительно упрощает конструкцию и условия эксплуатации.

В зависимости от режима работы холодильной машины и давления масла в полости уплотнения устанавливают 4 . . . 6 пружин. В торцовом уплотнении компрессора, отгруженного с предприятия-изготовителя, установлено 6 пружин. В уплотнении второго типа (см. рис. 38) упорное кольцо под действием пружины прижимает графитовое кольцо к крышке сальника. Графитовое кольцо вращается, крышка сальника неподвижна.

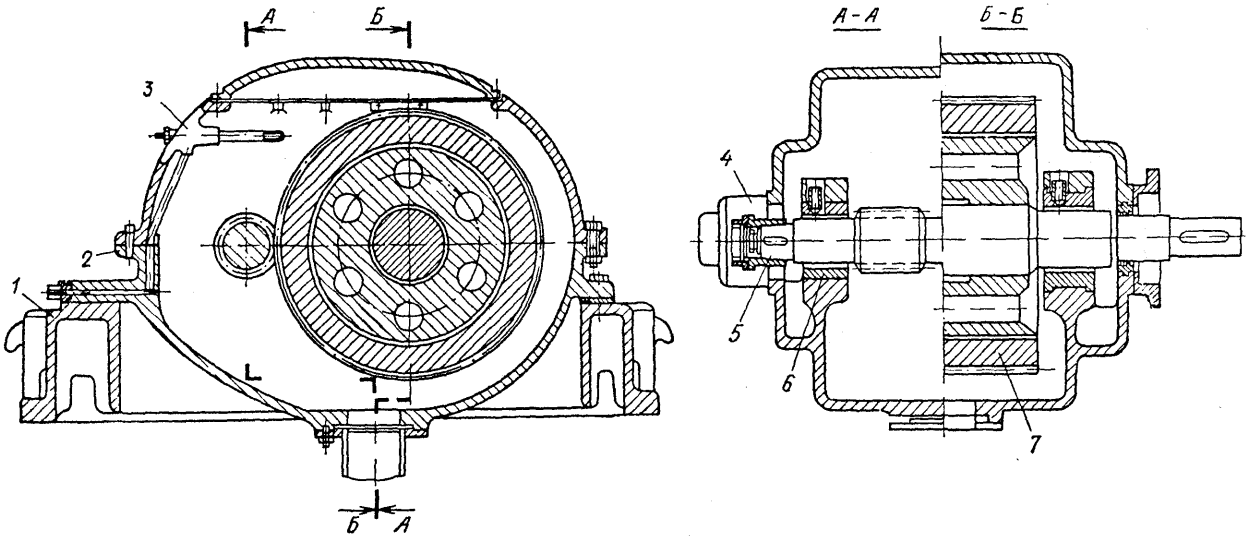
Входной направляющий аппарат предназначен для регулирования производительности компрессора за счет закручивания потока аммиака на входе в первое колесо каждой секции.

Мультипликатор (рис. 35) повышает частоту вращения с 3000 мин$^{-1}$ на валу электродвигателя до рабочей частоты вращения ротора компрессора. Он представляет собой зубчатую передачу горизонтального типа. Корпус редуктора — чугунный, с горизонтальным разъемом, установлен на литой чугунной плите. На верхней половине имеется люк для осмотра зубчатого зацепления. Шестерня и обод колеса изготовлены из легированной конструкционной стали. Шестерня в корпусе установлена на опорных подшипниках. Один конец вала колеса установлен на опорном подшипнике, второй с буртами — на опорно-упорном. Подшипники залиты баббитом. Каждый подшипник крепится к корпусу *4* шпильками. Крышки подшипников фиксируются относительно корпуса коническими штифтами. Масло в подшипники подается через дозирующие втулки, установленные в корпусе мультипликатора.

Тип передачи — косозубая шевронная. Направление нарезки спиралей зубьев на левом и правом шевроне противоположное, вследствие чего зацепление полностью разгружено от осевого усилия. Масло подается в зацепление через дроссельную диафрагму и форсунку. Отработанное масло сливается в корпус мультипликатора, в нижней части которого имеется фланец для присоединения маслосливной трубы.

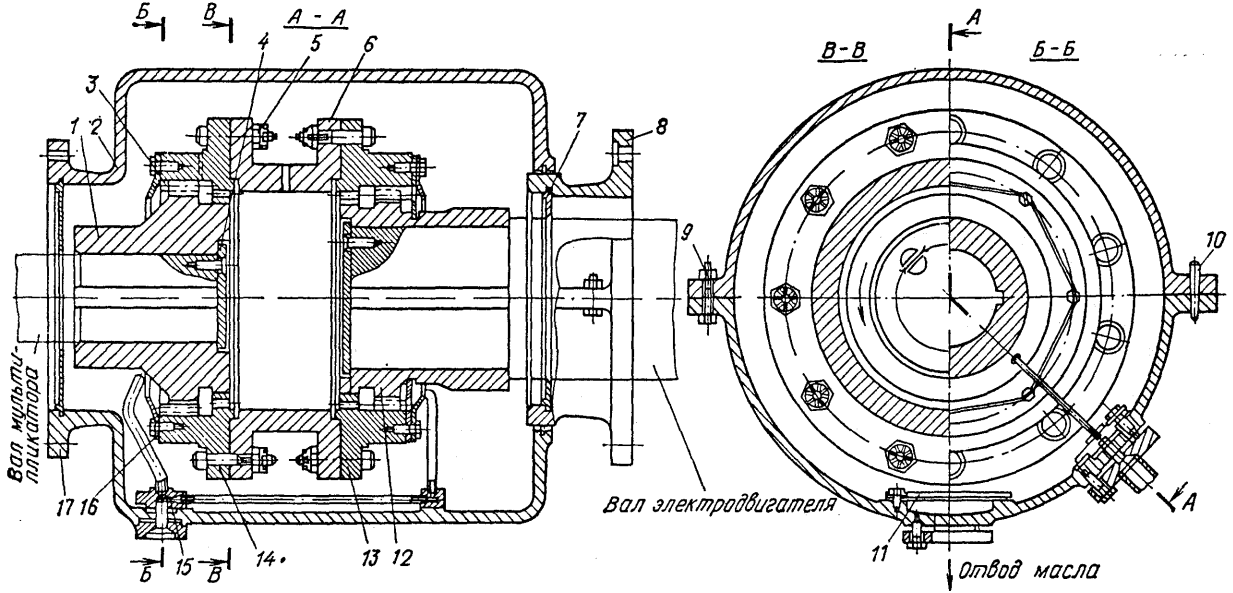
Крутящий момент от электродвигателя к мультипликатору передается зубчатой муфтой (рис. 36). Муфта состоит из двух шестерен *1, 12,* насаженных с натягом на шпонках на концы валов электродвигателя и мультипликатора. В зацепление с шестернями входят две обоймы *13, 14* с внутренним зубом, которые соединяются между собой через промежуточную обойму. Зубчатые и промежуточную обоймы крепят призонными болтами. Шестерню и обоймы изготовляют из легированной стали с соответствующей термообработкой. Масло к зубчатым зацеплениям муфты подается из системы смазывания мультипликатора через специальные форсунки, установленные в кожухе муфты. Разъем в кожухе и плоскости его крепления к электродвигателю и редуктору уплотняются паронитовыми прокладками.

Крутящий момент от мультипликатора к компрессору передается двусторонней зубчатой муфтой (рис. 37), которая состоит из двух обойм, посаженных на конусы валов компрессора, и мультипликатора на шпонках с натя-



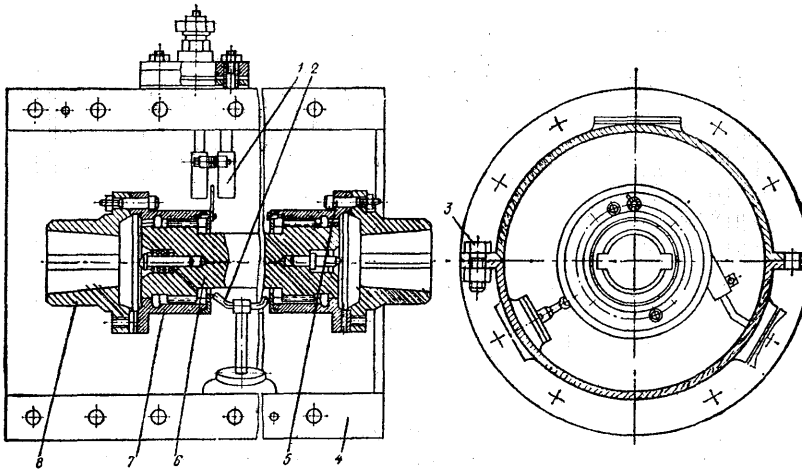
35. Мультипликатор

1 — плита под мультипликатор; *2* — нижняя половина корпуса; *3* — верхняя половина корпуса; *4* — маслонасос; *5* — вал-шестерня быстроходный; *6* — подшипник опорный; *7* — колесо зубчатое тихоходное с валом



36. Зубчатая муфта «мотор-мультипликатор»

1, 12 — шестерни; *2* — верхняя часть кожуха, *3* — кольцо; *4* — шайба; *5, 9* — болты; *6* — проставка; *7* — уплотнительное кольцо; *8* — фланец, *10* — штифт, *11* — крышка, *13, 14* — обоймы; *15* — форсунка, *16* — козырек; *17* — нижняя часть кожуха

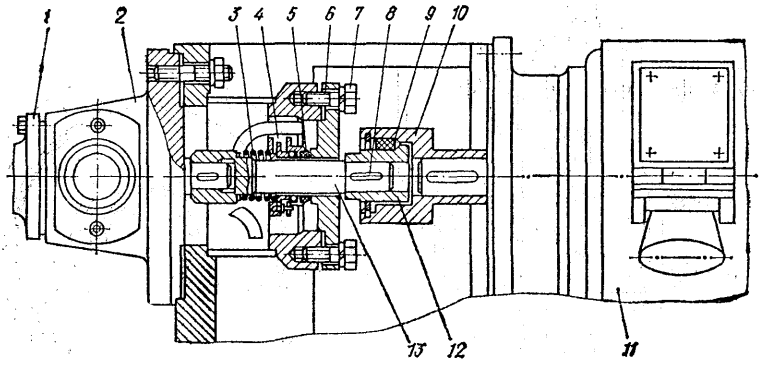


37. Зубчатая муфта «мультипликатор—компрессор»
1 — датчик осевого сдвига; *2* — форсунка; *3, 5* — болты; *4* — кожух; *6* — вал-шестерня; *7* — зубчатая обойма; *8* — полумуфта

гом. Обоймы на конусах затягивают гайками со стопорными шайбами и крепят к зубчатым обоймам с внутренним зубом призонными болтами. В зацепление с зубчатыми обоймами входит своими наружными зубьями промежуточный вал муфты. Осевые перемещения промежуточного валика ограничиваются стопорными кольцами, которые крепятся болтами к зубчатым обоймам. Обоймы и валик изготовлены из легированной стали с соответствующей термообработкой.

Смазка к зубчатым зацеплениям муфты подается от системы смазывания мультипликатора через специальные форсунки, установленные в кожухе муфты. Кожух муфты с горизонтальным разъемом. Разъем кожуха и плоскости крепления к мультипликатору и компрессору уплотняются паронитовыми прокладками.

Смазочная система компрессора (см. рис. 30) служит для охлаждения (нагрева), очистки и подачи масла под давлением к подшипникам и торцовому уплотнению компрессора, а также для хранения необходимого количества масла. Система состоит из рабочего электромаслонасоса, резервного электромаслонасоса, маслоохладителя, фильтра, маслобака *6*, обратных клапанов, перепускного



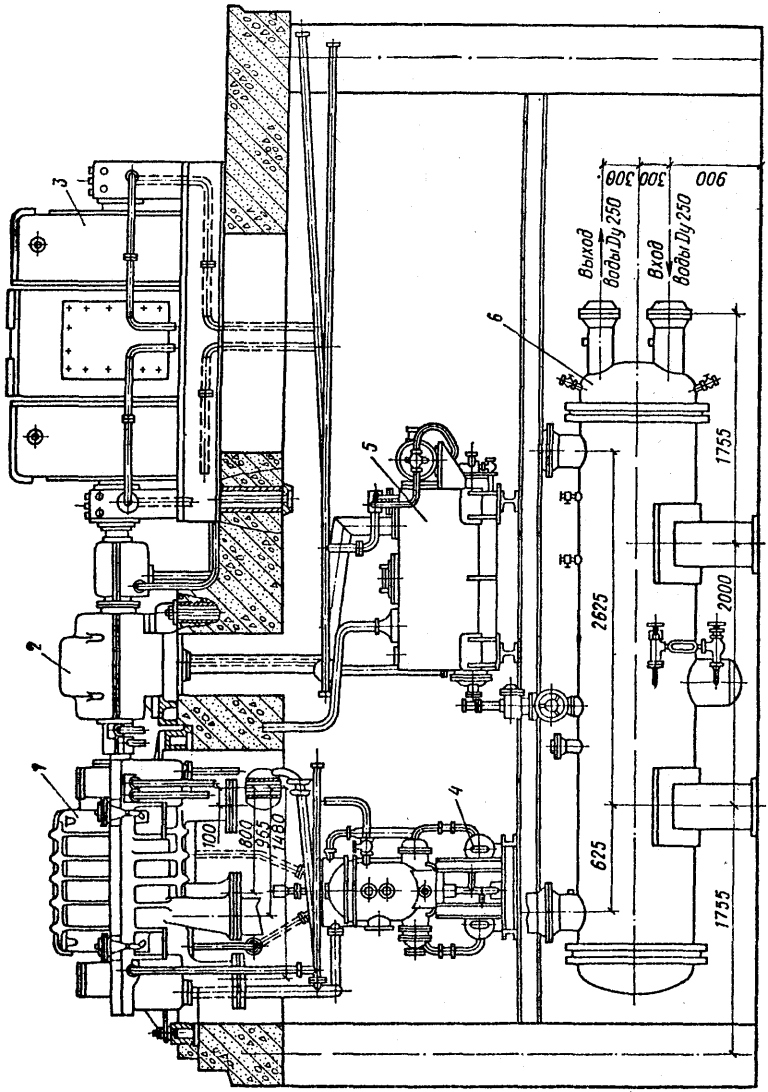
38. Маслонасос турбокомпрессора

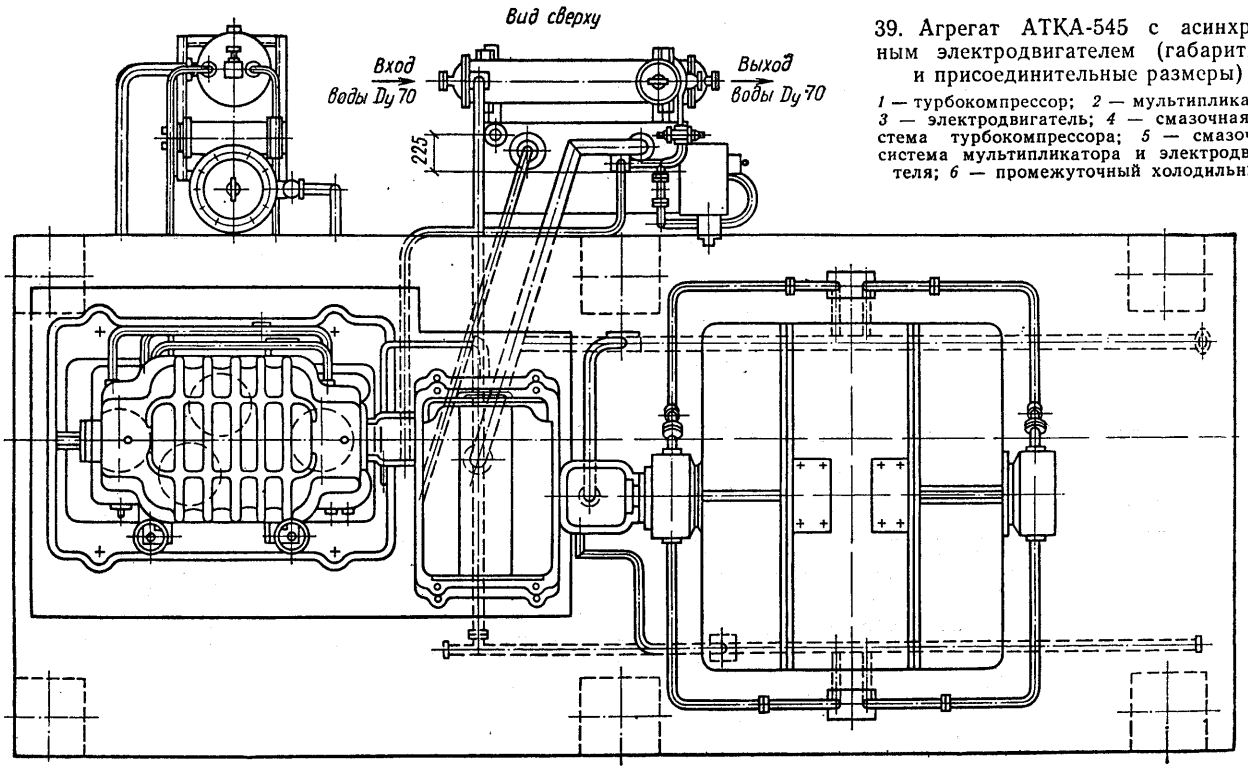
1 — крышка насоса; *2* — маслонасос; *3* — пружина; *4* — кольцо упорное; *5* — кольцо графитовое; *6* — крышка сальника; *7* — болт; *8* — шпонка; *9* — палец резиновый; *10* — полумуфта электродвигателя; *11* — электродвигатель; *12* — полумуфта насоса; *13* — валик

клапана, трубопроводов. Все сборочные единицы установлены на общей раме.

Масло всасывается из маслобака шестеренным насосом через сетчатый заборный фильтр, установленный внутри маслобака, прокачивается последовательно через обратный клапан, маслоохладитель, фильтр и поступает в нагнетательный масляный коллектор. От нагнетательного коллектора масло отдельными линиями подается к подшипникам и торцовому уплотнению. На штуцерах ввода масла в компрессор установлены дроссельные диафрагмы, обеспечивающие оптимальное распределение подаваемого масла к точкам смазывания. Величина давления масла в нагнетательном коллекторе поддерживается при помощи ручного сбросного вентиля, который возвращает избыток масла из нагнетательного коллектора в маслобак. В подшипниковых камерах масло самотеком поступает по сливному коллектору в маслобак. Рабочий и резервный электромаслонасосы обеспечивают питание маслом системы компрессора в периоды пуска, работы и во время выбега.

Маслонасос (рис. 38) горизонтального типа имеет привод через втулочно-пальцевую муфту асинхронного электродвигателя. Маслонасос шестереночного типа состоит из корпуса и крышки, в которых запрессованы под-


1
2
3
4
5
6
100
800
1965
1480
625
2625
1755
2000
1755
900
300
300
Вход воды Ду 250
Выход воды Ду 250



39. Агрегат АТКА-545 с асинхронным электродвигателем (габаритные и присоединительные размеры)

1 — турбокомпрессор; *2* — мультипликатор; *3* — электродвигатель; *4* — смазочная система турбокомпрессора; *5* — смазочная система мультипликатора и электродвигателя; *6* — промежуточный холодильник

шипники валиков ведущей и ведомой шестерен. Крышка крепится к корпусу на шпильках и фиксируется относительно него коническими штифтами. В корпусе маслонасоса установлено торцовое уплотнение для уплотнения выходного вала при работе и остановке. Масло для смазывания и охлаждения торцового уплотнения подается из нагнетательной полости насоса по специальной трубе и сливается во всасывающую полость насоса по сверлению в корпусе.

Смазочная система мультипликатора и электродвигателя (см. рис. 30) служит для охлаждения (нагрева), очистки и подачи масла под давлением к местам смазывания мультипликатора и электродвигателя, зубчатым муфтам и датчику осевого сдвига, а также для хранения необходимого количества масла. Система открытая, принудительная, циркуляционная, состоит из рабочего маслонасоса, маслоохладителя, пускового маслонасоса, фильтра, маслобака, обратного и перепускного клапанов, трубопроводов.

Масло всасывается из маслобака шестеренным маслонасосом, прокачивается последовательно через перепускной клапан, масляный фильтр, маслоохладитель и поступает в нагнетательный коллектор. От нагнетательного коллектора масло поступает на смазку подшипников мультипликатора, к зубчатым муфтам и датчику осевого сдвига. Отработанное масло самотеком сливается обратно в маслобак.

Для обеспечения постоянного давления масла на нагнетательном трубопроводе установлен перепускной клапан, который автоматически поддерживает заданное давление, сбрасывая излишек масла при помощи маслонасоса, подключенного параллельно с основным. Одновременно он служит для подачи масла при пуске и остановке агрегата.

В агрегате АТКА-545 турбокомпрессор, мультипликатор, электродвигатель располагают на верхней части фундамента (рис. 39). Смазочную систему турбокомпрессора, мультипликатора и электродвигателя и промежуточный холодильник вместе с обвязочными трубопроводами размещают в подвальном помещении агрегата.

4. АГРЕГАТЫ ХТМФ

Каждая машина имеет свой индекс, например, ХТМФ-125-1000. ХТМФ — холодильная турбокомпрессорная машина, первая цифра — число ступеней в турбокомпрессоре, две следующие цифры — наружный диаметр колес, см; буква М после трех цифр (если она имеется) — машина прошла модернизацию; четыре следующие цифры—холодопроизводительность, тыс. ккал/ч.

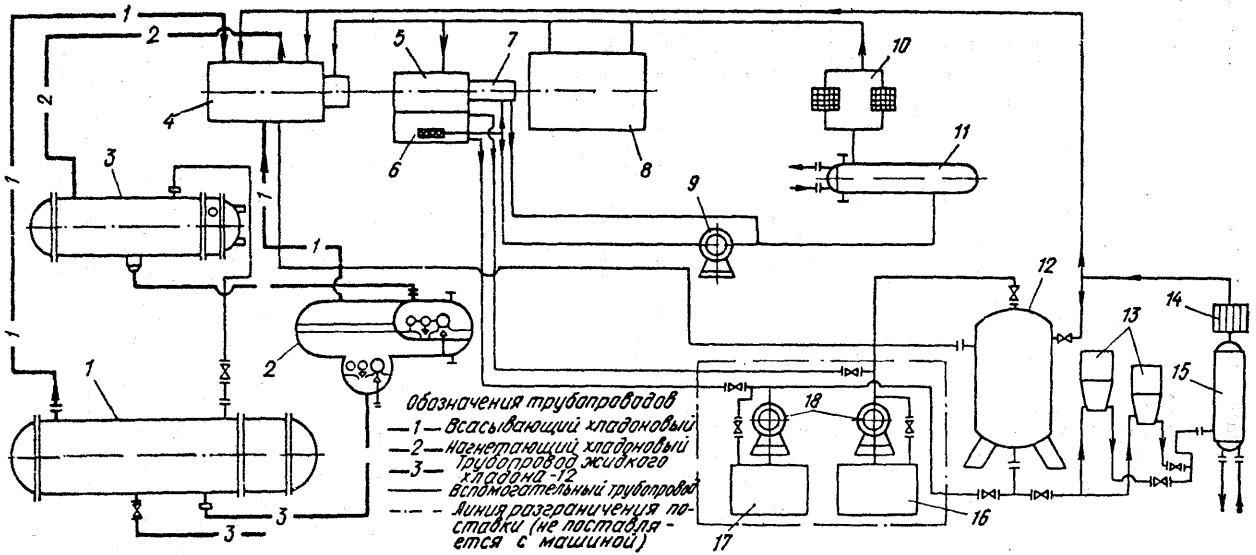
Холодильные турбокомпрессорные машины предназначены для производства холода на крупных установках промышленного и комфортного кондиционирования воздуха, а также для охлаждения теплоносителя в системах химических и других производств.

Теплонасосные холодильные турбокомпрессорные машины предназначены для производства холода (кондиционирования) при ее работе в режиме холодильной машины и производства тепла в системах отопления при работе в режиме теплового насоса.

Холодильная турбокомпрессорная машина (рис. 40) представляет собой замкнутую, герметически закрытую систему, заполненную холодильным агентом — хладоном-12, который непрерывно циркулирует, переходя из одной части машины в другую. В испаритель, в межтрубное пространство, поступает жидкий холодильный агент и кипит в нем при температуре, зависящей от давления паров в испарителе. Чем ниже это давление, тем ниже и температура кипения. Процесс кипения холодильного агента сопровождается отнятием тепла от среды, которая находится в испарителе, вследствие чего эта среда охлаждается.

Образующиеся в испарителе пары холодильного агента отсасываются турбокомпрессором, сжимаются в нем и нагнетаются в конденсатор. В процессе сжатия давления и температура паров холодильного агента повышаются. Таким образом, турбокомпрессор создает, с одной стороны, пониженное давление в испарителе, необходимое для кипения холодильного агента при низкой температуре, и, с другой стороны, повышенное давление нагнетания (несколько превышающее давление в конденсаторе), при котором возможен переход холодильного агента из турбокомпрессора в конденсатор.

В конденсаторе, в межтрубном пространстве, пары холодильного агента конденсируются в результате отня-



40. Холодильная турбокомпрессорная машина ХТМФ

1 — испаритель; *2* — поплавковый бак; *3* — конденсатор; *4* — турбокомпрессор; *5* — мультипликатор; *6, 12* — маслобаки; *7, 13, 18* — маслонасосы; *8* — электродвигатель; *9* — пусковой маслонасос; *10* — фильтр; *11* — маслоотделитель; *14* — фильтр масляный; *15* — маслоохладитель; *16* — бак чистого масла; *17* — бак отработавшего масла

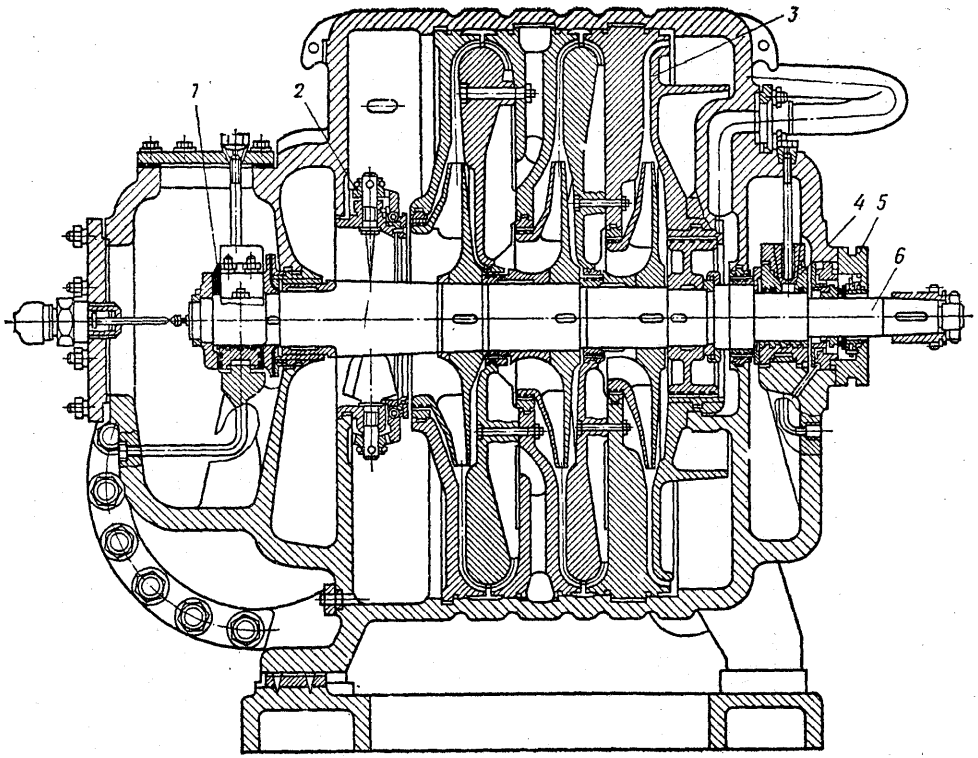
тия от них тепла водой, циркулирующей в трубном пространстве.

Давление конденсации зависит от температуры и расхода охлаждающей воды и расхода паров холодильного агента. Чем выше температура охлаждающей воды и паров агента, тем выше давление конденсации. С увеличением расхода охлаждающей воды давление конденсации падает. Из конденсатора жидкий холодильный агент сливается в поплавковой бак, который служит для дросселирования холодильного агента, поступающего в испаритель. В поплавковом баке холодильный агент дросселируется первый раз в камере высокого давления до давления промежуточного подсоса. Образующиеся пары отсасываются второй ступенью турбокомпрессора. Второй раз холодильный агент дросселируется в камере низкого давления до давления испарения. Парожидкостная смесь после второго дросселирования поступает в испаритель.

Поплавковые регулирующие устройства, расположенные в поплавковом баке, регулируют уровень холодильного агента, что обеспечивает полный слив жидкого агента из конденсатора в испаритель и предотвращает прорыв пара в испаритель. Поступающий в испаритель жидкий холодильный агент кипит в нем при температуре испарения. Далее описанный процесс циркуляции холодильного агента в машине повторяется. Масло к подшипникам агрегата подается маслонасосами *18*. В период пуска применяют пусковой маслонасос *9*.

В машине предусмотрено автоматическое регулирование холодопроизводительности входным направляющим аппаратом (поворотными лопатками) на входе в первое колесо. Поворот лопаток осуществляется исполнительным механизмом, который получает импульс от датчика температуры, установленного на трубопроводе теплоносителя при выходе из испарителя. Машина имеет автоматическую защиту по всем основным параметрам, обеспечивающую автоматический аварийный останов машины.

Турбокомпрессор (рис. 44) работает следующим образом. Пары холодильного агента поступают в рабочее колесо по кольцевому проходу у вала и, изменив направление движения на 90°, попадают на лопатки. Лопатки работающего колеса ротора придают газу вращательное движение. Центробежные и другие силы, возникающие при этом, разгоняют газ, перемещая его от центра к периферии. По выходе из рабочего колеса газ попадает



41. Турбокомпрессор ТКФ-248

1 — подшипник опорно-упорный; *2* — механизм поворотных регулирующих лопаток; *3* — улиткообразное устройство; *4* — подшипник опорный; *5* — уплотнение; *6* — ротор

в диффузор (расширяющее устройство), расположенный в неподвижной части компрессора — корпусе, в котором кинетическая энергия частично переходит в потенциальную, т. е. давление газа повышается.

Величина повышения давления газа на одном рабочем колесе (степень сжатия) зависит от окружной скорости вращающегося колеса, угла выхода лопаток и ограничивается условиями сохранения его прочности. Если необходимо высокое давление газа, его последовательно пропускают через несколько рабочих колес. В этом случае газ, вышедший из диффузора, поворотными каналами и обратным направляющим аппаратом подводят к месту входа в следующее рабочее колесо. Конструкция входного устройства преследует определенную цель: разогнать поток и обеспечить плавный вход его в рабочее колесо. Рабочее колесо с диффузором, поворотными каналами и обратным направляющим аппаратом называется ступенью турбокомпрессора. После последнего колеса через диффузор газ поступает в сборное улиткообразное устройство, где снижается его скорость и повышается давление. После улиткообразного устройства газ поступает через нагнетательный коллектор в конденсатор.

В комплект поставки машины входят: турбокомпрессор (2120 кг); мультипликатор (740 кг); электродвигатель (7580 кг); агрегат смазочной системы турбокомпрессора (800 кг); смазочная система мультипликатора (900 кг); испарительно-конденсаторный агрегат (испаритель — 3300 кг, конденсатор — 11 300 кг); поплавковый бак (1450 кг), щит управления, соединительные муфты, комплект труб и фланцев смазочной системы, комплект инструментов и приспособлений. Масса всего агрегата 74 680 кг. Устройство турбокомпрессора, мультипликатора, соединительных муфт, подшипников смазочной системы аналогично конструкции агрегатов АТКА.

5. ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ И ПОРШНЕВЫЕ НАСОСЫ

Насосы предназначены для перекачивания жидкостей. По конструктивному оформлению и принципу действия насосы подразделяют на центробежные (жидкость перемещается за счет центробежной силы), осевые пропеллерные (жидкость перемещатся вдоль оси под действием лопастного колеса пропеллерного типа), поршневые

и плунжерные (жидкость перемещается движущимися возвратно-поступательно поршнями и плунжерами).

В холодильных установках наибольшее применение нашли центробежные насосы. Центробежные насосы подразделяют на горизонтальные и вертикальные. Горизонтальные центробежные насосы бывают одноступенчатые (одноколесные) и двухступенчатые (двухколесные); консольные с рабочими колесами одностороннего входа; одноступенчатые с горизонтальным разъемом корпуса и рабочим колесом двустороннего входа; многоступенчатые (многоколесные) секционные и спиральные с горизонтальным или вертикальным разъемом корпуса и рабочими колесами одностороннего и двустороннего входа; вертикальные с рабочим колесом одностороннего и двустороннего входа; артезианские с погружным электродвигателем и электродвигателем над скважиной; подвесные шахтные.

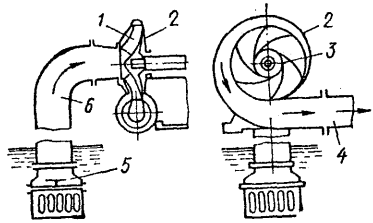
Основным рабочим органом одноколесного центробежного насоса (рис. 42) служит колесо с лопатками, помещенное на валу внутри неподвижного корпуса спиральной формы. Рабочее колесо состоит из двух дисков — переднего и заднего, между которыми находятся лопатки, изогнутые в сторону, противоположную направлению вращения рабочего колеса. Корпус насоса соединен патрубками с всасывающим и нагнетательным трубопроводами. Чтобы жидкость не выливалась из насоса и всасывающего трубопровода при заливке насоса или его остановке, на конце всасывающего трубопровода устанавливают обратный клапан с защитной сеткой.

При вращении рабочего колеса жидкость, заполняющая каналы между лопатками колеса, под действием центробежной силы отбрасывается от центра колеса и, выходя из него с большой скоростью, поступает в спиральную камеру, а затем в нагнетательный (напорный) трубопровод. Под действием центробежной силы давление жидкости в камере увеличивается, при этом на входе жидкости в рабочее колесо создается разрежение. Под действием атмосферного давления на поверхность жидкости приемного резервуара она по всасывающему трубопроводу непрерывно поступает в насос.

Спиральная камера корпуса насоса служит для плавного отвода жидкости, поступающей из рабочего колеса в нагнетательный трубопровод, постепенного уменьшения скорости движения жидкости с целью преобразования ки-

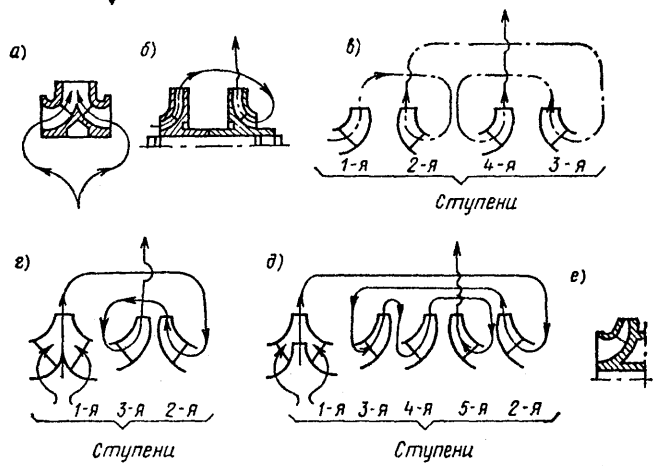
42. Одноколесный центробежный насос

1 — рабочее колесо; *2* — корпус; *3* — лопатки рабочего колеса; *4* — нагнетательный трубопровод; *5* — обратный клапан; *6* — всасывающий трубопровод



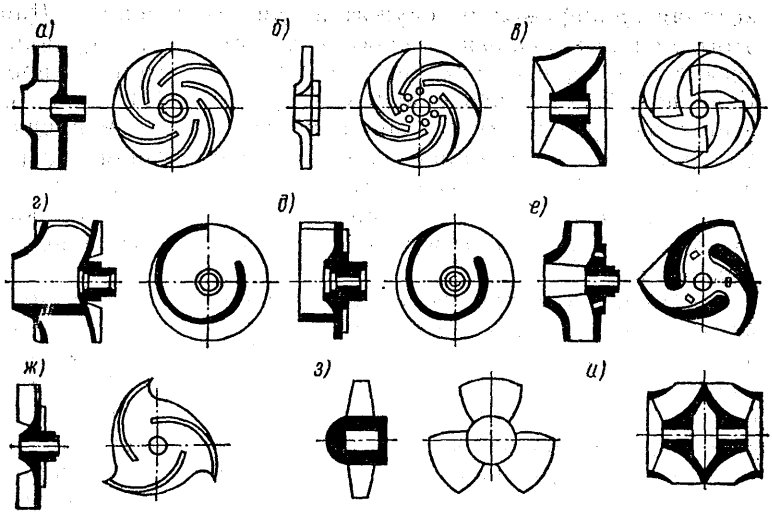
43. Уравновешивание осевого давления в горизонтальных насосах

а . . *д* — симметричное взаимно противоположное расположение рабочих колес; *е* — разгрузочное отверстие в стенке рабочего колеса. Стрелками указано направление жидкости



нетической энергии в потенциальную энергию давления. Во время работы насоса возникает осевое гидравлическое давление, которое стремится сдвинуть вал с колесами в сторону, обратную направлению движения жидкости, поступающей на рабочее колесо.

Осевое давление в горизонтальных насосах уравновешивают симметричным расположением рабочих колес (рис. 43, *а, б, в, г, д*) или устройством разгрузочных отверстий в стенке рабочего колеса (рис. 43, *е*). Однако полностью уравновесить осевые давления указанными способами невозможно, поэтому в конструкциях насосов предусматривают двусторонний упорный подшипник, который и воспринимает часть осевого давления, оставшегося неуравновешенным.



44. Рабочие колеса центробежных и осевых насосов
а — с цилиндрическими лопастями; *б* — с пространственными лопастями; *в* — диагональное; *г* — с одной лопастью; *д* — полуоткрытого типа; *е* — трехканальное; *ж* — открытого типа; з — осевого насоса; *и* — двустороннего типа

Рабочее колесо насоса (рис. 44) представляет собой, как правило, отливку, состоящую из основного и покрывающих дисков, между которыми отлиты лопасти, образующие межлопастные каналы.

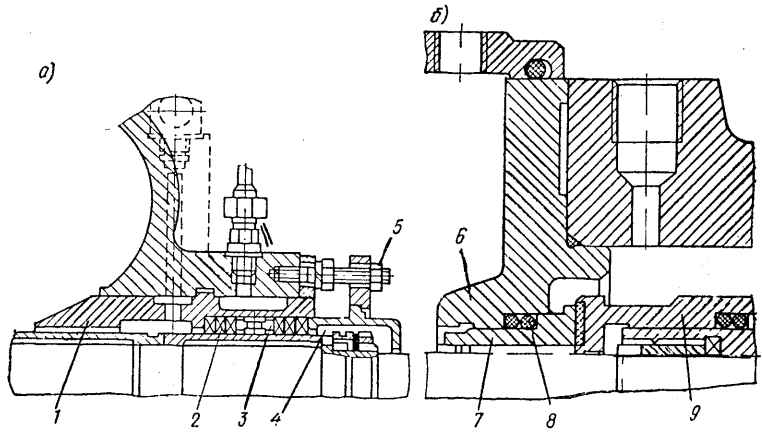
Концевые уплотнения насосов (рис. 45) бывают двух типов. Сальниковое уплотнение хорошо работает на холодной воде при давлении перед сальником до 1 МПа. Специальные конструкции сальника могут работать и при более высоком давлении. Корпус сальника устанавливают в расточке корпуса. В нем имеются кольца из мягкой сальниковой набивки, которые поджимают в осевом направлении гайками через нажимную втулку. Величина нажимного усилия должна быть минимальной, обеспечивающей герметичность уплотнения. При правильной работе сальника через него должна протекать тонкой струйкой вода, которая служит для смазки колец набивки и отвода части тепла, выделяющегося при трении. Если насос работает с разрежением на входе или перекачивает химически активные или горячие жидкости, к сальниковому уплотнению подводится запирающая жидкость,

которая одновременно служит и для охлаждения. Для этого между кольцами набивки устанавливают гидравлическое кольцо, и в этом месте образуется гидрозатвор. Если давление перед сальником превышает 1 МПа, то выполняют разгрузку сальника: перед сальником предусматривается цилиндрическая дросселирующая щель, после которой часть жидкости отводится в емкость с низким давлением. Неподвижные стыки, образующие камеры разгрузки и охлаждения, уплотняют резиновыми кольцами.

Торцовые уплотнения широко распространены в последнее время благодаря способности обеспечить практически полную герметичность. Эти уплотнения практически не требуют ухода в процессе эксплуатации. Уплотнение состоит из неподвижной втулки, установленной в крышке, и вращающейся втулки, которая пружиной и уплотняемым давлением прижимается к неподвижной втулке, препятствуя перетоку жидкости через зазор. Втулка *9* приводится во вращение ведущей втулкой, которая на валу фиксируется установочным винтом. Уплотнение неподвижных стыков осуществляется резиновыми кольцами. Для охлаждения торцового уплотнения может подводиться жидкость.

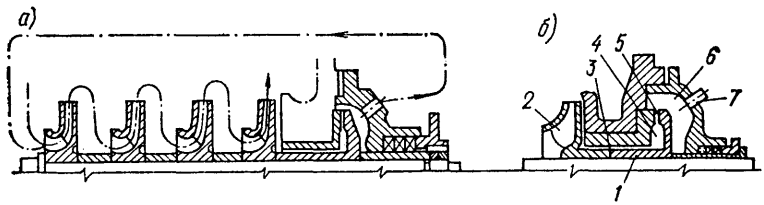
В многоколесных специальных насосах с односторонним расположением рабочих колес осевые давления уравновешивают специальным разгрузочным диском, закрепленным на валу насоса за его последней ступенью (рис. 46). Жидкость из рабочего колеса поступает через кольцевой зазор в промежуточную камеру *4*, откуда проходит через торцовый зазор и разгрузочную камеру, соединенную отводной трубкой с областью всасывания первой ступени насоса. Давление в промежуточной камере значительно больше, чем в разгрузочной. Благодаря этому на разгрузочный диск действует усилие, разгружающее осевое давление в насосе.

Разгрузочный диск представляет собой саморегулирующее устройство. Если ротор насоса движется влево, то торцовый зазор уменьшается, давление в разгрузочной камере вследствии этого снижается и дальнейшее передвижение ротора прекращается. Если ротор движется вправо, то торцовый зазор начинает увеличиваться, в результате чего утечка в разгрузочную камеру также увеличивается, давление в ней возрастает и дальнейшее продвижение ротора прекращается. При уравновешива-



45. Концевые уплотнения насоса

а — сальниковое; *б* — торцовое; *1* — корпус сальника; *2* — сальниковая набивка; *3, 8* — гидравлическое и резиновые кольца; *4, 7, 9* — нажимная, неподвижная и вращающаяся втулки; *5* — гайка; *6* — крышка



46. Схема уравновешивания осевого давления разгрузочным диском (*а*) и устройство для разгрузки осевого давления разгрузочным диском (*б*)

1 — разгрузочный диск; *2* — рабочее колесо; *3* — кольцевой зазор; *4* — промежуточная камера; *5* — торцовый зазор; *6* — разгрузочная камера; *7* — трубопровод, соединенный с первой ступенью насоса. Стрелками показано направление движения жидкости

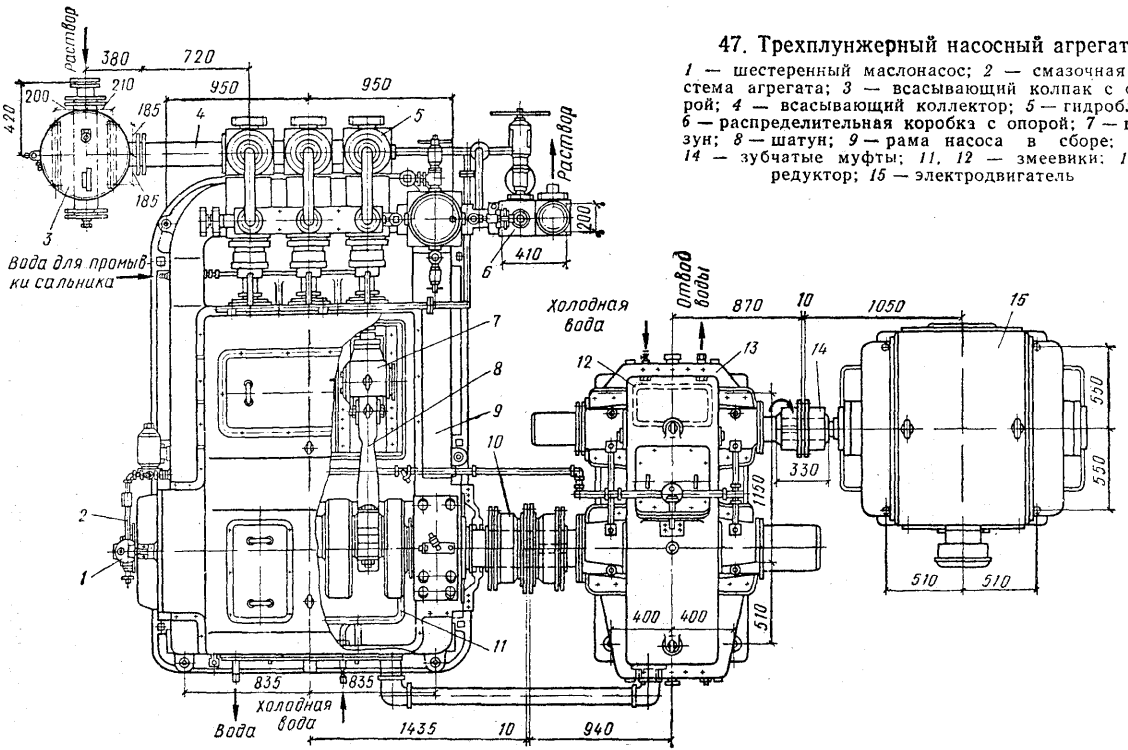
нии осевого усилия разгрузочным диском отпадает необходимость в упорных подшипниках.

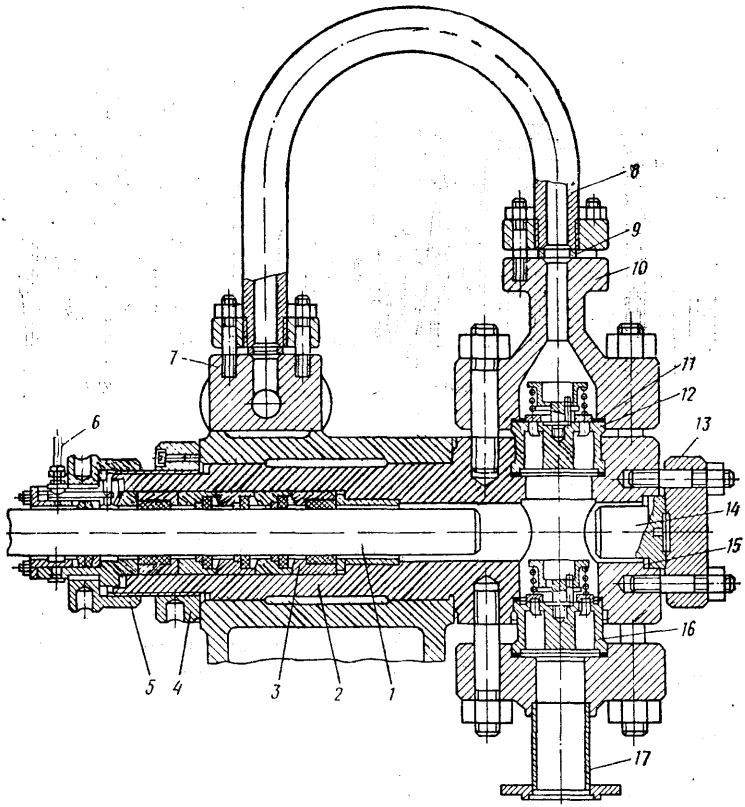
В поршневых насосах движение для перекачки продукта создается поршнями или плунжерами, совершающими возвратно-поступательные движения. Поршневые насосы с дисковым поршнем предназначены для создания небольшого и среднего давления; плунжерные насосы позволяют создавать высокое давление.

На рис. 47 показана схема трехплунжерного насосного агрегата. Электродвигатель, редуктор и насос уста

47. Трехплунжерный насосный агрегат

1 — шестеренный маслонасос; *2* — смазочная система агрегата; *3* — всасывающий колпак с опорой; *4* — всасывающий коллектор; *5* — гидроблок; *6* — распределительная коробка с опорой; *7* — ползун; *8* — шатун; *9* — рама насоса в сборе; *10, 14* — зубчатые муфты; *11, 12* — змеевики; *13* — редуктор; *15* — электродвигатель

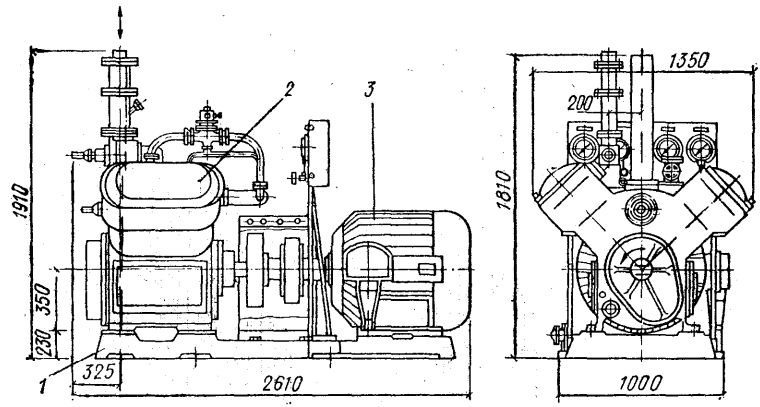




48. Гидроблок насоса

1 — плунжер; *2* — цилиндр; *3* — сальник; *4* — установочная гайка; *5* — накидная гайка; *6* — трубка устройства промывки сальника; *7* — напорный коллектор; *8* — колено; *9* — уплотнительная линза; *10* — верхний патрубок цилиндра; *11* — стальная прокладка; *12* — нагнетательный клапан; *13* — нажимной фланец; *14* — заглушка цилиндра; *15* — стальная порокладка; *16* — впускной клапан; *17* — нижний патрубок цилиндра

навливают на основание и соединяют с помощью зубчатых муфт. Плунжер движется возвратно-поступательно в цилиндре (рис. 48). При движении плунжера вправо продукт, находящийся в цилиндре, сжимается и через нагнетательный клапан направляется по колену в напорный коллектор. При движении плунжера влево продукт через впускной клапан засасывается в цилиндр. Для уплотнения плунжера в цилиндре служит сальник.

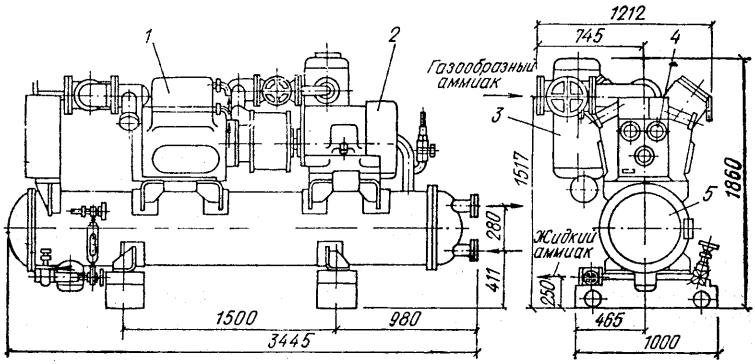


49. Компрессорный агрегат 22ФУ200/А
1 — рама; *2* — компрессор; *3* — электродвигатель

6. ХОЛОДИЛЬНЫЕ МАШИНЫ

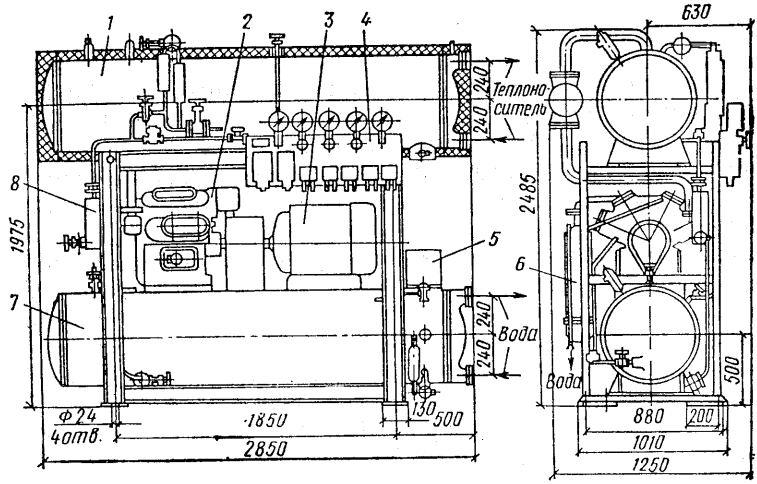
Отечественная промышленность выпускает значительное число холодильных машин, используемых в разных отраслях промышленности. В состав холодильных машин входят компрессорные, компрессорно-конденсаторные и испарительно-регулирующие агрегаты. В зависимости от холодопроизводительности эти агрегаты поставляются отдельно или компонуются в одной холодильной машине. Компрессорный агрегат 22ФУ200/А (рис. 49) состоит из компрессора и электродвигателя с пусковой аппаратурой, смонтированных на одной металлической раме. Условные обозначения: Ф — работающий на хладоне; У — У-образное расположение цилиндров в компрессоре; 200 — усредненная холодопроизводительность (тыс. ккал/ч); А — вариант модернизированного агрегата.

Компрессорно-конденсаторный агрегат АК110-2 (рис. 50) состоит из компрессора, электродвигателя, горизонтального кожухотрубчатого конденсатора, маслоотделителя, приборов автоматики и контрольно-измерительных приборов. Условные обозначения: АК — компрессорно-конденсаторный агрегат; 110 — усредненная производительность компрессора (тыс. ккал/ч) в стандартном режиме; А — вариант модернизированного агрегата.



50. Компрессорно-конденсаторный агрегат АК110-2

1 — компрессор; *2* — электродвигатель; *3* — маслоотделитель; *4* — блок приборов; *5* — конденсатор



51. Холодильная машина ХМ-АУУ90/А

1 — испаритель; *2* — компрессор; *3* — электродвигатель; *4* — щит приборов; *5* — пульт управления; *6* — маслоотделитель; *7* — конденсатор; *8* — фильтр

Аммиачные и фреоновые холодильные машины типа ХМ (рис. 51) предназначены для создания искусственного холода в стационарных камерах с рассольным охлаждением или непосредственным кипением холодильного агента. Условные обозначения: ХМ — холодильная машина; А — работающая на аммиаке; УУ — звездообраз-

ное расположение цилиндров компрессора; 90 — усредненная холодопроизводительность (тыс. ккал/ч) в стандартном режиме; А — вариант модернизированного агрегата.

Холодильные машины представляют собой комплект оборудования, размещенного на общей раме. В состав машины входят поршневой компрессор с электродвигателем, конденсатор, испаритель, маслоотделитель и щит приборов. Выпускаются и другие холодильные машины: аммиачные компрессорные двухступенчатого сжатия с ротационными бустер-компрессорами, аммиачные компрессорные двухступенчатого сжатия с винтовыми бустер-компрессорами, которые так же, как и описанные выше агрегаты и холодильные машины, поставляются полностью в собранном виде. Технология их монтажа одинакова.

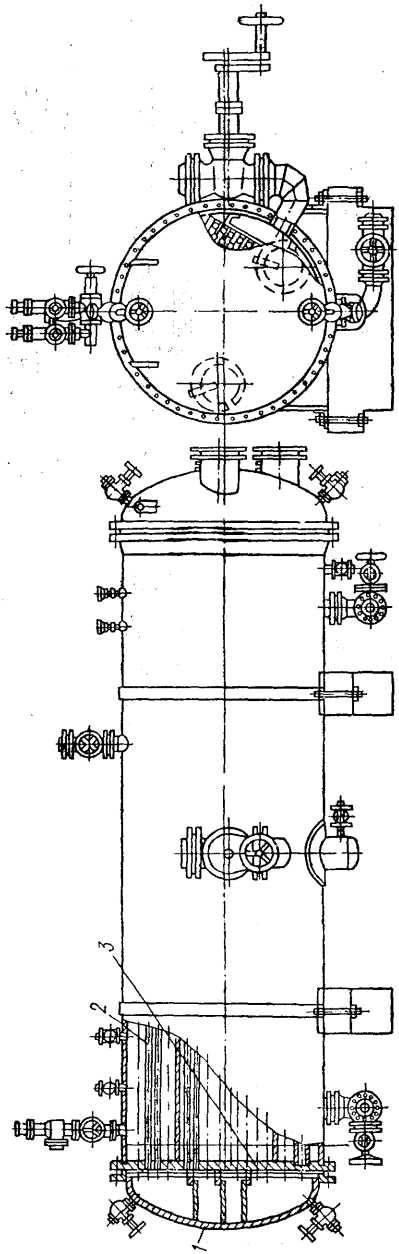
7. АППАРАТЫ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

В холодильных установках кроме компрессорного и насосного оборудования применяется большое число аппаратов: теплообменники, ресиверы, маслоотделители, отделители жидкости, промежуточные сосуды и другие аппараты, без которых невозможен холодильный процесс.

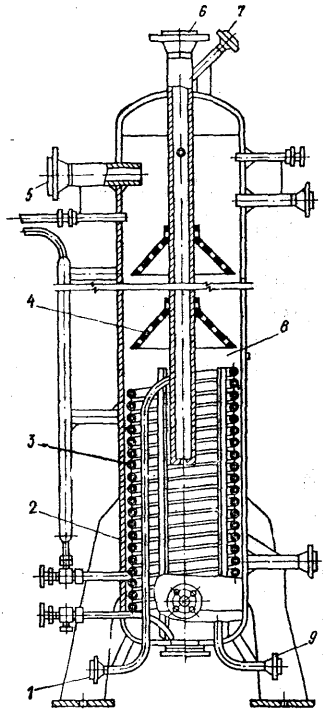
Теплообменники — аппараты, в которых тепло передается от одной среды к другой. На холодильных установках такими аппаратами являются конденсаторы, испарители, переохладители. Конденсаторы холодильных машин служат для охлаждения и сжижения сжатых в компрессоре паров холодильного агента.

В конденсаторе и частично в переохладителе, если он имеется в холодильной установке, отводится все тепло от холодильного агента, которое он воспринял в компрессоре, испарителе и трубопроводах. В конденсаторах тепло отводится либо водой, либо воздухом. Существует несколько типов конденсаторов с водяным охлаждением. Наиболее распространены кожухотрубные, оросительные и испарительные конденсаторы. Кожухотрубными конденсаторами комплектуют как хладоновые, так и аммиачные холодильные установки средней и большой производительности.

Кожухотрубные конденсаторы выпускаются вертикальными и горизонтальными. Горизонтальный кожухо-

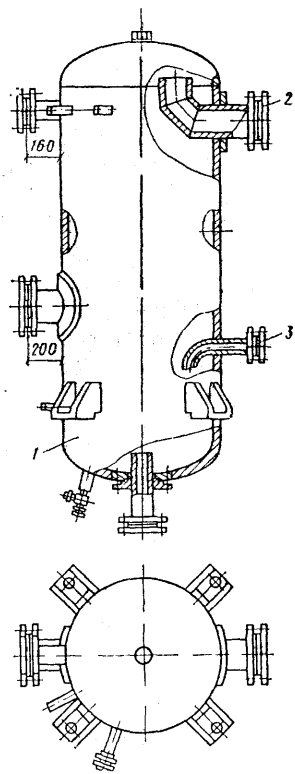


52. Горизонтальный кожухотрубный конденсатор
1 — крышка; *2* — трубки; *3* — трубная решетка; *4* — корпус



53. Промежуточный сосуд

1 — штуцер выхода охлаждаемой жидкости; *2* — цилиндр; *3* — змеевик; *4* — каплеотбойник; *5* — штуцер выхода паров; *6* — штуцер входа паров; *7* — штуцер входа жидкого холодильного агента; *8* — межзмеевиковое пространство; *9* — штуцер входа охлаждаемой жидкости



54. Отделитель жидкости

1 — корпус; *2* — штуцер выхода сухого пара; *3* — штуцер входа холодильного агента

трубный конденсатор (рис. 52) состоит из корпуса (кожуха), внутри которого расположены стальные трубки. С торцовых сторон к кожуху приварены стальные трубные решетки, в отверстия которых вставлены и приварены или развальцованы концы трубок. Испарители для охлаждения жидких теплоносителей аналогичны по конструкции конденсаторам.

Промежуточные сосуды (рис. 53) предназначены для охлаждения паров холодильного агента между ступеня-

ми компрессора. Они представляют собой вертикальные сварные цилиндры с несколькими штуцерами. В змеевик аппарата поступает основной поток жидкости после конденсатора или переохладителя, а в межзмеевиковое пространство — часть холодильного агента после дросселирования.

Жидкость в змеевиках значительно переохлаждается за счет кипения холодной жидкости в промежуточном сосуде и поступает к регулирующему вентилю. Под уровень жидкости подается пар после первой ступени сжатия для его охлаждения до температуры насыщения.

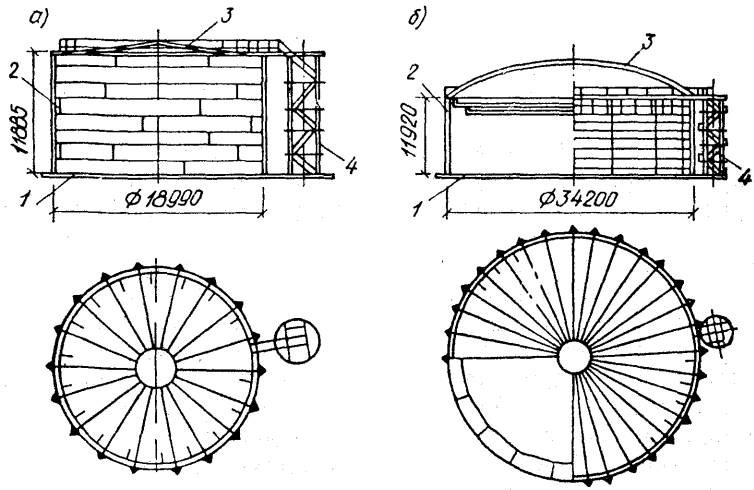
Отделители жидкости (рис. 54), предназначенные для отделения паров холодильного агента, увлекаемых из испарительной системы, представляют собой вертикальные аппараты с приваренными эллиптическими днищами. Пар отделяется от частиц жидкости в результате резкого изменения скорости и направления движения холодильного агента. Через штуцер от регулирующего вентиля поступает холодильный агент для отделения пара. Сухой пар отсасывается компрессором из верхней части отделителя через штуцер *2*. В аппарате предусмотрены также другие штуцера для подсоединения уравнительной паровой линии, выхода жидкости, подсоединения контрольно-измерительных приборов.

8. РЕЗЕРВУАРЫ И ИЗОТЕРМИЧЕСКИЕ ХРАНИЛИЩА

Резервуары и изотермические хранилища служат в холодильных установках для хранения рассолов и сжиженных газов. В зависимости от конструкции резервуары разделяют на вертикальные цилиндрические и горизонтальные цилиндрические; особую группу составляют изотермические хранилища. Резервуары и хранилища в настоящее время изготовляют вместимостью до 50 тыс. м^3

Вертикальные цилиндрические резервуары (рис. 55) бывают с коническим и сферическим покрытием, с плавающими крышами и понтонами. В холодильных установках применяют в основном резервуары с коническим и сферическим покрытием.

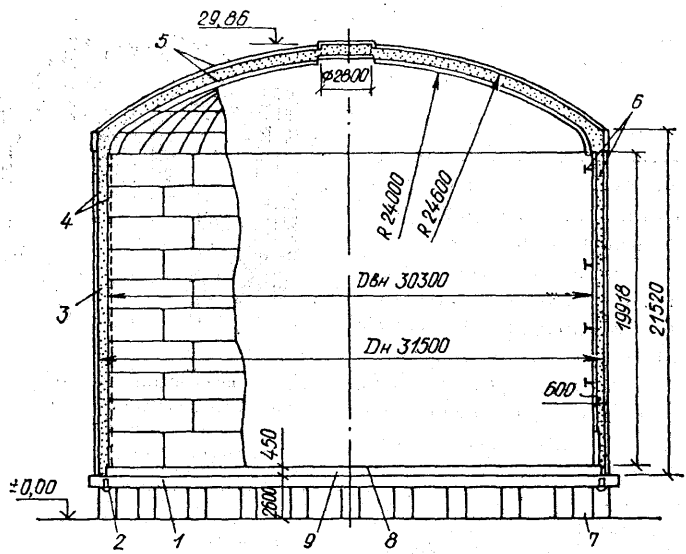
Изотермическое хранилище жидкого аммиака вместимостью 20 тыс. м^3 (рис. 56) предназначено для хранения 10 тыс. т аммиака. Хранилище состоит из внутреннего и



55. Вертикальные цилиндрические резервуары с коническим (*а*) и сферическим (*б*) покрытием

1 — днище; *2* — корпус; *3* — коническая или сферическая крыша; *4* — металлоконструкции для обслуживания резервуаров

наружного резервуаров, которые имеют внутреннюю и наружную стенки и плоские днища, сферические крыши наружного и внутреннего резервуаров. Для снижения холодопотерь между стенками наружного и внутреннего резервуаров засыпают перлитный песок. Между наружным и внутренним днищами расположены пеностеклянные блоки, также служащие для снижения холодопотерь. Для повышения устойчивости внутренняя и наружная стенки подкреплены кольцами жесткости. Для предотвращения подъема днища внутреннего резервуара вследствие избыточного давления испаряющегося аммиака по окружности нижнего пояса стенки внутреннего резервуара устанавливают анкеры. Расстояние между внутренней и наружной стенками — 600 . . . 900, между днищами — 450, между крышами — 600 мм. Для восполнения холодопотерь при изотермическом хранилище предусмотрена холодильная установка, работающая на хранимом холодильном агенте. Хранилища жидкого этилена, пропилена, кислорода имеют такое же устройство.



56. Изотермическое хранилище жидкого аммиака

1 — наружное днище; *2* — анкер; *3* — перлит; *4* — наружные и внутренние стенки; *5* — наружная и внутренняя крыши; *6* — кольца жесткости; *7* — фундамент; *8* — внутреннее днище; *9* — пеностеклянные блоки

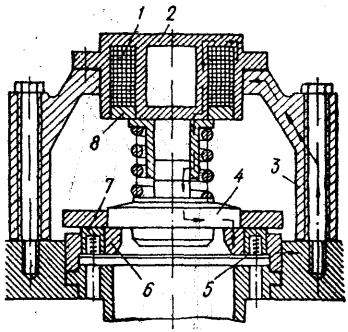
9. МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Материалы для изготовления оборудования холодильных установок выбирают в соответствии со спецификой их эксплуатации, учитывая условия технологического процесса: температуру, давление, свойства продукта. При выборе материала для изготовления оборудования холодильных установок учитывают механические свойства материала — предел прочности, относительное удлинение, твердость и т. п., технологичность в изготовлении, химическую стойкость, теплопроводность и др.

Для изготовления оборудования широко применяют углеродистые, низколегированные и легированные стали. Цветные металлы и сплавы (медь, латунь, алюминий и его сплавы) являются основными конструкционными материалами для изготовления аппаратуры для работы при отрицательных температурах (до —254 °С). В холодильной технике также применяют двухслойные металлы, пластические массы и другие материалы.

10. РЕГУЛИРОВАНИЕ ХОЛОДОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КОМПРЕССОРОВ

Тепловая нагрузка на холодильную установку изменяется в зависимости от времени года и требований производства, поэтому в период эксплуатации холодильной установки возникает необходимость в регулировании ее производительности. Существует несколько способов регулирования производительности компрессоров, наиболее распространенный — периодическое выключение установки.



57. Электромагнитный отжим пластины всасывающего клапана

1 — катушка электромагнита; *2* — корпус электромагнита; *3* — проставка компрессора; *4* — клапан нагнетательный; *5* — пластина всасывающего клапана; *6* — корпус всасывающего клапана; *7, 8* — немагнитные вставки

Автоматическое регулирование производительности компрессоров может быть достигнуто одним из следующих способов (если это предусмотрено конструкцией): отключение отдельных цилиндров многоцилиндровых компрессоров; изменение частоты вращения многоскоростных двигателей; применение автоматических перепускных вентилей; обеспечение сообщения линии всасывания с полостью цилиндра на части хода.

В поршневых компрессорах холодопроизводительность часто регулируют с помощью электромагнитного отжима пластины всасывающего клапана (рис. 57). Пластины отжимаются за счет электромагнитного поля, сосредоточенного в зоне пластин, которое притягивает пластины к корпусу. Источник поля — электромагниты, размещенные в верхних крышках цилиндров.

ГЛАВА III. ПРОИЗВОДСТВО МОНТАЖНЫХ РАБОТ. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1. ПОДГОТОВКА К ПРОИЗВОДСТВУ МОНТАЖНЫХ РАБОТ

Качественное выполнение монтажа технологического оборудования обусловливает тщательная подготовка к производству работ: своевременное получение от заказчи-

ка или генподрядчика технической документации и разработки на ее основе проекта производства работ (ППР), рабочих чертежей на трубопроводы (ДчТТ), рабочих чертежей металлоконструкций (КМД) и составление заявочных спецификаций на материалы, монтажное оборудование, инструмент и приспособления. Разрабатывается график производства работ, предусматривающий необходимую строительную готовность объекта, своевременную поставку оборудования и монтажных заготовок, очередность и совмещение производства работ и меры по обеспечению безопасности производства работ.

Техническая документация, необходимая для производства монтажных работ на объекте, состоит из рабочего проекта, в котором предусмотрены генплан, разрезы, отдельные узлы, спецификации на оборудование и материалы, и пояснительной записки. Кроме того, в состав технического (или технорабочего) проекта входят установочные и рабочие чертежи технологического оборудования, чертежи технологических трубопроводов со спецификацией материалов по линиям, параметрам работы, схемами прокладок и нормами на монтаж и испытания. До начала монтажных работ должны быть разработаны рабочие чертежи трубопроводов ДчТТ, чертежи в стадии КМ и КМД с монтажными схемами. Для монтажа технологического оборудования, кроме технического проекта, должны быть представлены рабочие чертежи оборудования, паспорта, формуляры, акты стендовых испытаний, акты на контрольную сборку оборудования и т. д. (в зависимости от конструктивной особенности и условий поставки оборудования). Техническая документация должна иметь разрешение к производству работ со штампом ответственного представителя заказчика.

Проект производства работ (ППР) — составная и неотъемлемая часть проекта организации строительства (ПОС). ППР, составляемый монтажной или специализированной проектной организацией, включает технологию производства монтажных работ, методы и очередность их выполнения, организацию работ. При разработке ППР определяют объемы монтажных работ по их видам, потребность в монтажных механизмах, инструменте, приспособлениях, основных и вспомогательных материалах, рабочей силе с учетом квалификации рабочих. Составная часть проекта производства работ — схемы подъема тяжеловесного оборудования, технологические карты на

выполнение отдельных видов монтажных работ, а также на сборку и испытание оборудования и монтажных блоков. Монтажный блок представляет собой часть или группу оборудования, подготовленного к подъему. В схемах подъема указывают грузоподъемные механизмы и грузозахватные приспособления, их расположение на площадке, пути подачи оборудования на объект, конструкцию стропов, методы строповки, этапы подъема и установки в проектное положение оборудования или монтируемых блоков.

В состав ППР входит монтажный стройгенплан, в котором предусматривают прокладку временных железнодорожных и автомобильных путей для подачи материалов и оборудования в зону монтажа, устройство площадок для подъема, укрупнительной сборки в монтажные блоки оборудования, конструкций и трубопроводов, места установки основных монтажных механизмов и пути их передвижения. В стройгенплане указывают место размещения бытовок для рабочих, инструментальных и различных складских помещений и площадок для хранения материалов, а также прорабских и бригадных передвижных помещений. В ППР предусматривают прокладку временных коммуникаций электроэнергии, воды, пара, воздуха, устройство электроосвещения.

2. УСЛОВИЯ ПОСТАВКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Основной фактор, определяющий условия поставки технологического оборудования на монтаж, — обеспечение максимальной заводской готовности оборудования, не требующей дополнительных работ по его доизготовлению, доводке и испытанию на монтажной площадке. Для каждого вида оборудования условия поставки определяются техническими условиями.

Технологическое оборудование должно поставляться в собранном виде, на проектных прокладках, с установленными внутренними устройствами, с приваренными креплениями для изоляции и футеровки аппаратов, а также с захватными приспособлениями для строповки аппарата и креплениями для присоединения металлоконструкций обслуживающих площадок и трубопроводов к аппарату. Аппараты, требующие защитного покрытия (свин-

цом, эмалями, гуммированием и т. д.), поставляют на объект с этими покрытиями. Испытывают аппараты на заводе-изготовителе.

Габаритные машины и аппараты с механизмами поставляются собранными, обкатанными на стенде, не требующими разборки на монтаже при расконсервации, негабаритные — максимально укрупненными блоками, также прошедшими стендовые испытания.

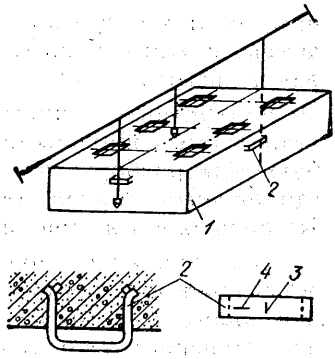
Если аппараты габаритны по диаметру, но длина их превышает допустимые размеры, их перевозят по железной дороге частями максимальной длины с обеспечением на этот период необходимой их жесткости. Каждую часть аппарата поставляют с внутренними устройствами; гидравлически испытанную — с обязательной контрольной сборкой, с контрольными рисками и маркировкой, нанесенными несмываемой краской. Аппараты, не габаритные по диаметру, поставляют максимально укрупненными блоками с соответствующей маркировкой после контрольной сборки на заводе-изготовителе, а при возможности транспортировки их водным путем или автомобильным транспортом — в собранном виде.

Технология изготовления аппаратов, не габаритных по диаметру, предусматривает возможное укрупнение блоков и отдельных частей на заводе-изготовителе и сборку их на монтажной площадке без каких-либо доделок. Негабаритные аппараты из укрупненных блоков должны быть доизготовлены заводом-изготовителем на строительной площадке. Поставляемое оборудование должно иметь фланцы на штуцерах, а также крепежные детали (соединительные шпильки) и анкерные болты. Уплотнительные поверхности фланцев покрывают противокоррозионной смазкой и защищают заглушками.

Оборудование принимают на приобъектном складе, осматривая конструкции снаружи (без разборки сборочных единиц и деталей). При этом проверяют соответствие оборудования чертежам или проектной спецификации; комплектность его по отправочным и упаковочным ведомостям или заводским спецификациям; наличие и полноту технической документации заводов-изготовителей; отсутствие видимых дефектов (трещин, поломок, раковин и др.). Сдача-приемка оборудования в монтаж оформляется актом, подписанным представителем монтажной организации и заказчиком.

3. ПРИЕМКА ФУНДАМЕНТОВ

Фундаменты под оборудование должны быть выполнены в строгом соответствии с проектом и не иметь поверхностных трещин, повреждений углов и оголенной арматуры. До сдачи фундаментов под монтаж засыпают пазухи, образовавшиеся при земляных работах, снимают опалубку и извлекают пробки; поверхность тщательно очищают от остатков раствора, бетона и строительного мусора; прочищают колодцы для анкерных болтов.



58. Скоба с осевыми и высотными отметками фундамента

1 — фундамент; *2* — скоба; *3* — насечка осевая; *4* — насечка высотная

Расположение болтов, закладываемых в тело фундамента до его бетонирования, контролируют в процессе бетонирования по осям кондуктором или шаблоном, выполненным по рабочему чертежу. Кондуктор или шаблон служат также для проверки фундамента при сдаче его под монтаж оборудования. Нарезные части болтов следует предохранять от повреждений во время бетонирования фундаментов.

Анкерные отверстия в бетонных и железобетонных фундаментах устраивают при бетонировании путем закладки сборно-разборных пробок. Пробивать отверстия в готовых фундаментах не разрешается. В исключительных случаях отверстия в готовом фундаменте пробивают с разрешения проектной организации способом, исключающим разрушение бетона в прилегающих зонах.

На фундаменты четко наносят главные оси и фиксируют керном на металлических планках размером 80×80 мм, забетонированных в теле фундамента (рис. 58). Главные оси фундаментов большого объема (более 150 м^3) фиксируют реперами в виде железобетонных столбов сечением 50×50 мм, вынесенных за пределы здания, врытых в землю на глубину не менее 0,2 м ниже уровня промерзания грунта и возвышающихся над уровнем земли на 0,2 м.

Отметку верхней поверхности фундаментов (относительно нулевого репера) показывают на фундаменте или на закладной детали, забетонированной в тело фундамента. После нанесения осей и отметок по реперам и планкам составляют исполнительную схему фундаментов.

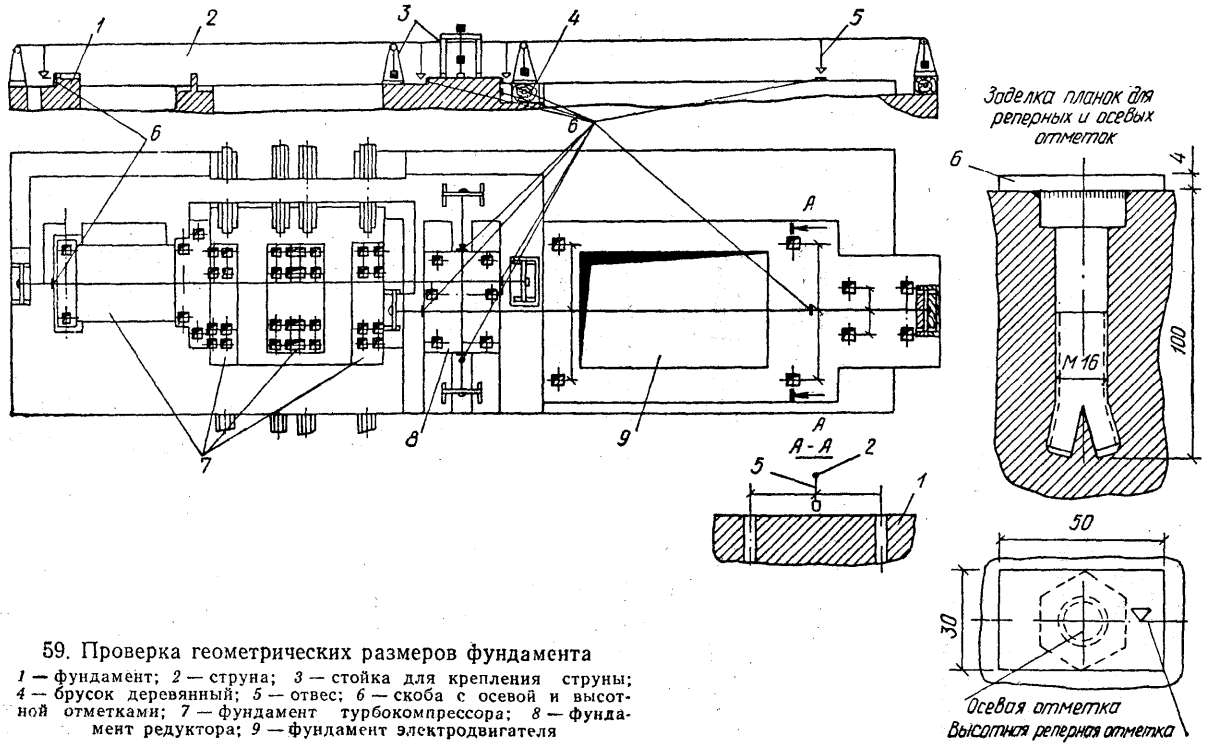
Готовые фундаменты под монтаж принимают только при соответствии проекту геометрических размеров и схемы расположения закладных деталей и отверстий (табл. 3).

3. Допустимые отклонения геометрических размеров фундаментов и схемы расположения закладных деталей и отверстий от проектных, мм

Основные размеры в плане	±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 площадках	—20
Оси анкерных болтов в плане	±5
Оси закладных анкерных устройств в плане	±10
Отметки верхних торцов анкерных болтов	+20

Если допускаемые отклонения установлены паспортами на технологическое оборудование, следует руководствоваться ими.

Фактические геометрические размеры фундамента во время его приемки в монтаж проверяют измерительными инструментами (рис. 59). Вдоль главных осей фундамента по осевым строительным отметкам следует натянуть струны из тонкой металлической проволоки. В первую очередь необходимо проверить расположение этих осей: привязку к осям здания, параллельность осей компрессора, электродвигателя и перпендикулярность к ним оси редуктора. Расположение колодцев для анкерных болтов, приямков, ниш и т. п. проверяют с учетом расстояний до главной оси фундамента (до струны). При приемке фундамента следует обратить внимание на нижние части сквозных колодцев для анкерных болтов. Опорные поверхности для анкерных плит должны быть горизонтальными и ровными (отклонение от горизонтали допускается не более 0,5 мм на 1 м).



59. Проверка геометрических размеров фундамента

1 — фундамент; *2* — струна; *3* — стойка для крепления струны; *4* — брусок деревянный; *5* — отвес; *6* — скоба с осевой и высотной отметками; *7* — фундамент турбокомпрессора; *8* — фундамент редуктора; *9* — фундамент электродвигателя

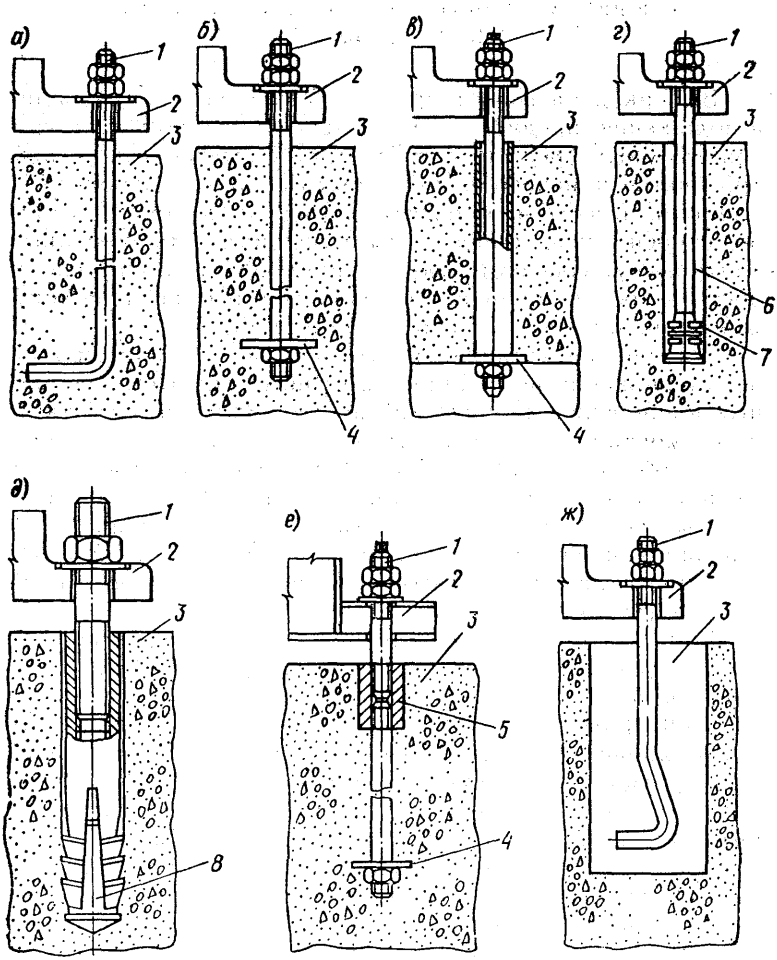
4. ВЫВЕРКА И ЗАКРЕПЛЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ НА ФУНДАМЕНТЕ

Выверкой называют процесс установки оборудования в положение, предусмотренное проектом, с помощью грузоподъемных средств и специальных выверочных и центровочных приспособлений. Оборудование выверяют в плане, по высоте и горизонтали (вертикальности), а также относительно ранее установленного оборудования, контролируя соосность, перпендикулярность и параллельность в соответствии с требованиями технической документации завода — изготовителя и ППР.

Отклонения установленного оборудования от проектного положения не должны превышать допусков, указанных в заводской технической документации и инструкциях на монтаж отдельных видов оборудования. Технологическое оборудование крепят к фундаменту болтами. Болты подразделяются на устанавливаемые: непосредственно в массив фундамента (глухие), в массив фундамента с изолирующей трубкой (съемные), в готовые фундаменты в просверленные скважины (глухие и съемные), в колодцах (глухие).

Болты глухие, устанавливаемые непосредственно в массив фундамента, могут выполняться с отгибами (рис. 60, *а*), с анкерными плитами (рис. 60, *б*), составными с анкерными плитами (рис. 60, *е*). Болты с отгибами как наиболее простые в изготовлении применяют в случаях, когда высота фундаментов не зависит от глубины заделки болтов в бетон. Болты с анкерными плитами, имеющие меньшую глубину заделки в бетон по сравнению с болтами с отгибами, применяют в случаях, когда высота фундамента определяется глубиной заделки болтов в бетон. Болты составные с анкерными плитами применяют при установке оборудования методом поворота или надвижки. В этих случаях муфту и нижнюю шпильку с анкерной плитой устанавливают в массив фундамента во время бетонирования, а верхнюю шпильку ввертывают в муфту на всю длину резьбы после установки оборудования через отверстия в опорных частях.

Болты, устанавливаемые в готовые фундаменты и просверленные скважины, подразделяют на прямые, закрепляемые с помощью эпоксидного клея; конические, закрепляемые с помощью цементной зачеканки, распорных цанг (рис. 60, *г*) и распорных втулок; составные с распор-



60. Фундаментные болты

а — глухие с отгибом; *б* — с анкерными плитами; *в* — с изолирующими трубами без амортизирующих элементов; *г* — конические с цементной зачеканкой и распорными цангами; *д* — с распорным конусом; *е* — составные с анкерными плитами; *ж* — глухие, устанавливаемые в колодцах; *1* — болт; *2* — оборудование; *3* — фундамент; *4* — анкерная плита; *5* — втулка; *6* — цементная зачеканка; *7* — цанги; *8* — конус

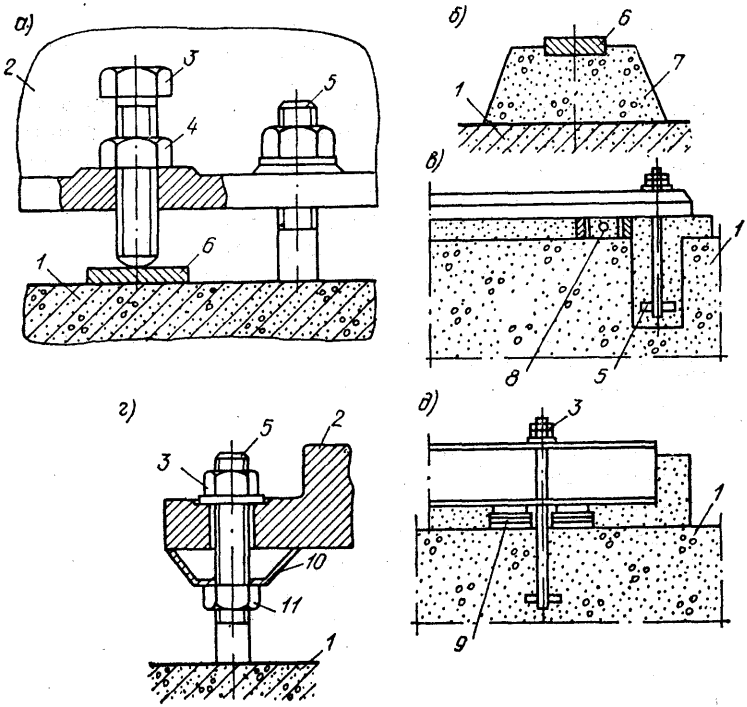
ным конусом (рис. 60, *д*). Болты, устанавливаемые в колодцах (рис. 60, *ж*), применяют только в тех случаях, когда нельзя установить болты в просверленные скважины. При установке оборудования на фундаменты с за-

крепленными фундаментными болтами предварительную выверку в плане осуществляют, совмещая отверстия в опорной части оборудования с этими болтами.

При окончательной выверке устанавливают оборудование в проектное положение относительно осей фундаментов или строительных конструкций, перемещая его грузоподъемными механизмами и проверяя его положение относительно ранее выверенного смежного оборудования. Оборудование проверяют по высоте относительно рабочих реперов либо ранее установленных машин, с которыми данное оборудование кинематически или технологически связано, выверяя затем по реперу. При выверке оборудования базами служат специальные площадки на корпусных деталях, исполнительные поверхности оборудования (валов, полумуфт, направляющих и т. п.), установочные опорные поверхности корпусных деталей или опорных частей. Оборудование выверяют оптико-геодезическим способом, а также специальными центровочными и другими приспособлениями, обеспечивающими контроль перпендикулярности, параллельности или соосности. В качестве опорных элементов при выверке оборудования применяют регулировочные винты, жесткие опоры, домкраты, установочные гайки фундаментных болтов, пакеты металлических подкладок.

До монтажа оборудования на фундамент укладывают опорные пластины в соответствии с расположением регулировочных винтов (рис. 61). Места расположения опорных пластин на фундаменте выравнивают по горизонтали с отклонением не более 10 мм на 1 м. При опускании оборудования на фундаменты регулировочные винты должны выступать ниже установочной поверхности на одинаковую величину (10 ... 30 мм). Положение оборудования по высоте и горизонтальности (вертикальности) регулируют поочередно всеми отжимными винтами. В процессе выверки отклонение оборудования от горизонтальности (вертикальности) не должно превышать 3 мм на 1 м. После выверки положение оборудования фиксируют стопорными гайками. Перед подливкой резьбовую часть регулировочных винтов обертывают плотной бумагой, чтобы она не соприкасалась с бетоном. Перед окончательной затяжкой фундаментных болтов регулировочные винты вывертывают на 2 ... 3 оборота.

Жесткие опоры изготовляют с точностью, соответствующей допускаемым отклонениям положения оборудо-



61. Способы выверки оборудования

а — регулировочными винтами; *б* — на жестких опорах; *в* — клиновыми домкратами; *г* — установочными гайками; *д* — металлическими подкладками; *1* — фундамент; *2* — оборудование; *3* — регулировочный винт; *4* — контргайка; *5* — фундаментный болт; *6* — опорная пластина; *7* — бетонная подушка; *8* — клиновой домкрат; *9* — пакет подкладок; *10* — тарельчатая шайба; *11* — установочная гайка

вания по высоте и горизонтальности (рис. 61, *б*). На жестких опорах выверяют оборудование с механически обработанными установочными поверхностями. После опускания на опоры оборудование выверяют в плане и закрепляют. Для изготовления опор в специальную опалубку на очищенную и увлажненную поверхность фундамента помещают порцию бетонной смеси до уровня, на 1 ... 2 см превышающего требуемую отметку. Затем излишки смеси удаляют, выравнивая поверхность опор. Для повышения точности бетонных опор на них укладывают металлические пластины с механически обработанной опорной поверхностью.

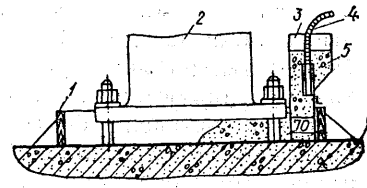
Для выверки оборудования используют также винтовые, клиновые (рис. 61, *в*), гидравлические домкраты. Домкраты, размещенные на подготовленных фундаментах, регулируют по высоте с помощью нивелира и рейки с погрешностью не более ±1 мм. Затем на домкраты опускают оборудование. При выверке оборудования в плане отрыв основания домкрата от поверхности фундамента вследствие отклонения домкрата от вертикали не допускается. Перед подливкой домкраты обстраивают опалубкой и удаляют через 2...3 суток после подливки. Оставшиеся ниши заполняют бетоном.

На установочных гайках (рис. 61, *г*) выверяют оборудование с использованием промежуточных тарельчатых шайб или без них. Установочные гайки с тарельчатыми шайбами устанавливают так, чтобы верх тарельчатой шайбы был на 2...3 мм выше проектной отметки установочной поверхности оборудования. Затем оборудование устанавливают на шайбы и окончательно выверяют, регулируя положение крепежных гаек.

Для выверки оборудования на установочных гайках без промежуточных шайб регулируют положение гаек на фундаментных болтах по высоте. По окончании выверки установочные гайки обстраивают опалубкой, которую удаляют после схватывания бетонной смеси. Перед окончательным затягиванием фундаментных болтов установочные гайки опускают на 3...4 мм. Образовавшиеся ниши заполняют бетоном.

Пакеты металлических подкладок (рис. 61, *д*) применяют для выверки, если конструкцией не предусмотрены регулировочные винты и нельзя использовать тарельчатые шайбы или инвентарные домкраты. Пакеты набирают из стальных или чугунных подкладок толщиной 5 мм и более. Проектного уровня и горизонтальности оборудования достигают в процессе его предварительного закрепления, подбирая регулировочные подкладки толщиной 0,5...5 мм. Подкладки в пакетах должны быть плоскими, без заусенцев, выпуклостей и впадин. В состав пакета могут входить также клиновые подкладки. Число подкладок в пакете не должно превышать 5 шт., включая тонколистовые, применяемые для окончательной выверки. Поверхность бетона фндамента под пакетами подкладок тщательно выравнивают. После окончательного затягивания фундаментных болтов подкладки прихватывают между собой электросваркой.

После выверки и предварительного закрепления оборудование подливают, т. е. заполняют зазор между опорной частью оборудования и фундаментом бетонной смесью. Подливаемые поверхности оборудования до его установки на фундаменты обезжиривают и промывают чистой водой. Все работы по подливке выполняют не позже чем через 48 ч после проверки точности установки оборудования. Перед подливкой поверхность фундаментов очищают от посторонних предметов, масел и пыли. Затем поверхность увлажняют, при этом не должно быть воды в углублениях и приямках. Толщина слоя подливки 50...80 мм. Подливают оборудование при температуре окружающего воздуха не ниже +5 °С.



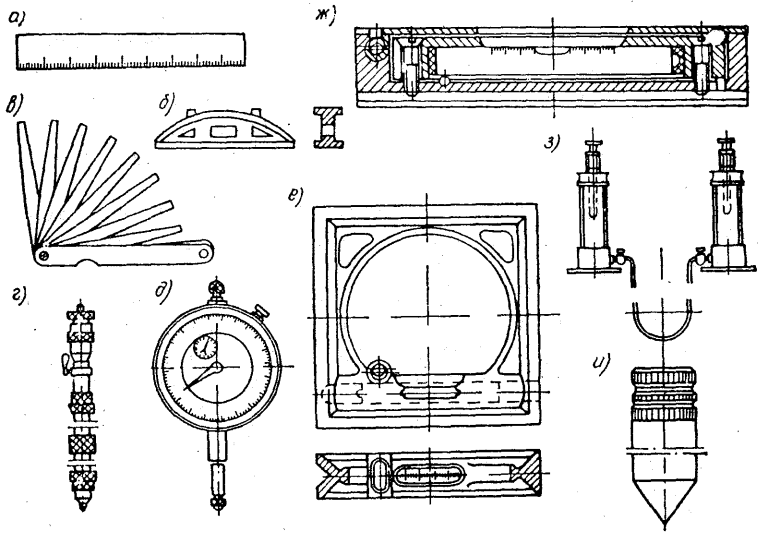
62. Подливка оборудования с помощью лотка-накопителя

1 — опалубка; *2* — опорная часть оборудования; *3* — лоток-накопитель; *4* — вибратор; *5* — подливочная смесь; *6* — фундамент

Бетонную смесь или раствор подливают через отверстия в опорной части до тех пор, пока с противоположной стороны раствор не достигнет уровня, на 20...30 мм превышающего высоту основной части подливки. Раствор подают без перерыва через лоток-накопитель (рис. 62) с применением вибратора, причем вибратор не должен касаться опорных частей оборудования. Уровень раствора должен превышать уровень подливаемой поверхности оборудования не менее чем на 100 мм. При ширине подливаемого пространства более 1300 мм уровень бетонной смеси должен быть выше опорной части оборудования приблизительно на 300 мм.

5. ИНСТРУМЕНТЫ И СПОСОБЫ ВЫВЕРКИ ОБОРУДОВАНИЯ

Точность установки монтируемого оборудования выверяют с помощью измерительных инструментов и приспособлений. Измерительные металлические линейки (рис. 63, *а, б*) изготовляют с одной или двумя шкалами длиной 150, 300, 500 и 1000 мм с ценой деления 0,5 или 1 мм. Для линеек длиной до 300 мм погрешность по длине не должна превышать ±0,1 мм, длиной до 1 м — ±0,2 мм. Линейки должны быть защищены антикорро-



63. Основной измерительный инструмент для выверки оборудования
а — измерительная линейка; *б* — линейка с широкой рабочей поверхностью; *в* — щупы, *г* — нутромер (штихмасс); *д* — индикатор; *е* — брусковый уровень; *ж* — рамный уровень; *з* — гидростатический уровень; *и* — отвес

зионным хромовым покрытием. Длину измеряют также складными металлическими метрами, измерительными металлическими рулетками длиной 1 . . . 50 м.

Щупы (рис. 63, *в*) предназначены для измерения зазора между двумя поверхностями. Они представляют собой набор упругих стальных пластинок различной толщины, собранных на одну ось и укладывающихся (подобно складному ножу) в специальную обойму. Щупы изготовляют длиной 50, 100 и 200 мм. Выпускают 7 наборов щупов с пластинами 0,03 . 2 мм с погрешностью измерений не более 0,01 мм.

Штангенциркуль применяют для измерения наружных и внутренних линейных размеров, а также при разметке деталей. Штангенциркуль с нониусом позволяет проводить измерения с погрешностью не более 0,05 мм. Штангенциркули изготовляют для измерения в пределах 0 . . . 125; 0 . . . 200; 0 . . . 320; 0 500; 250 . . . 410; 320 . . . 1000; 500 . . . 1400; 800 . . . 2200 мм.

Микрометры для линейных измерений изготовляют с пределами измерений 0 . . 25; 25 . 50 мм и т д. через

каждые 25 мм до размера 275...300 мм и далее 300...400; 400...500; 500...600 мм. Погрешность измерения составляет не более 0,01 мм. Микрометрический нутромер (рис. 63, *г*) применяют для измерения внутренних размеров оборудования. Погрешность измерения расстояния до 120 мм составляет ±8 мкм, до 4 м — 70 мкм.

Индикаторы (рис. 63, *д*) применяют обычно при центровке машин по полумуфтам, закрепляя их с помощью различных приспособлений.

Рамные и брусковые уровни служат для проверки горизонтальности или вертикальности смонтированных конструкций или оборудования. Рамные уровни (рис. 63, *ж*) предназначены для контроля горизонтального и вертикального положения поверхностей, брусковые уровни (рис. 63, *е*) — только для проверки горизонтального положения деталей или сборочных единиц.

Гидростатические уровни (рис. 63, *з*) представляют собой 2 или более стеклянных сосуда, соединенных гибким шлангом. Ими определяют разность высот двух или более точек, отдаленных одна от другой на значительные расстояния. Погрешность измерения составляет не более 1 мм, а при наличии гидростатической измерительной головки — не более 0,02 мм. В настоящее время применяют электронные рамные и гидростатические уровни.

Отвесом (рис. 63, *и*) определяют вертикальность поверхности.

Кроме измерительных инструментов, представленных на рис. 63, для выверки оборудования используют и ряд других инструментов и приспособлений. Так, для контроля соосности оборудования применяют стальную проволоку диаметром 0,3...0,5 мм, которая натягивается грузом определенной массы. Расстояние от струны до плоскости замеряют штихмассом. При контроле прямолинейности длинных плоскостей учитывают провисание струны в микронах. Чтобы струна была в натянутом состоянии, масса груза должна составлять около 2/3 массы груза, обрывающего струну.

Для разбивки монтажных осей, проверки соосности и горизонтальности оборудования широко применяют оптические инструменты — теодолиты, нивелиры, коллиматоры, автоколлиматоры, лазерные устройства. Лазерные устройства имеют существенное преимущество перед оптическими: они подчеркивают не воображаемый, а види-

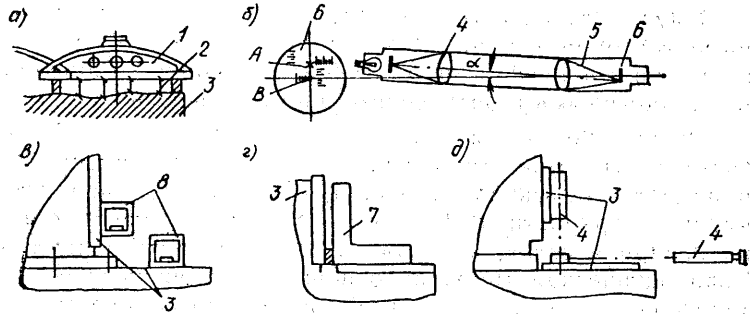
мый луч. Это позволяет быстро и с высокой точностью выверять оборудование. На рис. 64 показана схема выверки прямолинейности и перпендикулярности оборудования обычными и оптическими инструментами.

Оптический метод заключается в следующем. Пучок света, посылаемый трубой вдоль проверяемой плоскости, попадает в объектив телескопа, который перемещается вдоль поверхности. В фокусной части телескопа помещена визирная сетка, которая рассматривается в окуляр. Если оптическая труба по отношению к оптической оси телескопа имеет угол α, то световые лучи собираются в сетке телескопа в точке A, смещенной по отношению к оптической оси телескопа. По величине смещения изображения определяют непараллельность плоскостей. Перпендикулярность проверяют рамным уровнем, угольником и оптическими методами.

При выверке аппарата оптико-геодезическим методом (рис. 65) на аппарате в верхней и нижней точках устанавливают в одной плоскости две рейки с делениями. Теодолит располагают в точке A так, чтобы луч «простреливал» верхнюю и нижнюю рейки. Отклонение аппарата от вертикали определяют по разнице отсчетов A_1 на верхней и нижней рейках. После выверки в одной плоскости аналогично выверяют аппарат в другой перпендикулярной плоскости, перемещая теодолит в точку B. На вертикальных аппаратах должны быть нанесены четко видимые риски p, p_0, p_1, p_2 в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Нижняя риска p и верхняя p_0 должны совпадать с осевой линией аппарата. Риски p_1 и p_2 расположены на равном расстоянии от осевой линии и ограничивают поле допускаемого техническими условиями отклонения аппарата от вертикали.

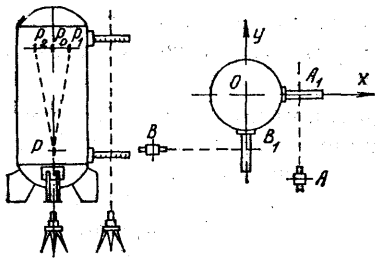
Центровку соосности выполняют двумя методами: центровкой валов по полумуфтам и по струне (для проверки соосности внутренних расточек). Центровка валов — одна из наиболее ответственных работ при монтаже машин, во многом определяющая надежность их работы при эксплуатации.

Центровка валов по полумуфтам предусматривает концентрическую установку последних, а также параллельность их торцовых поверхностей (рис. 66). Радиальные и торцовые зазоры a и b в четырех диаметрально противоположных точках полумуфт должны быть соот-

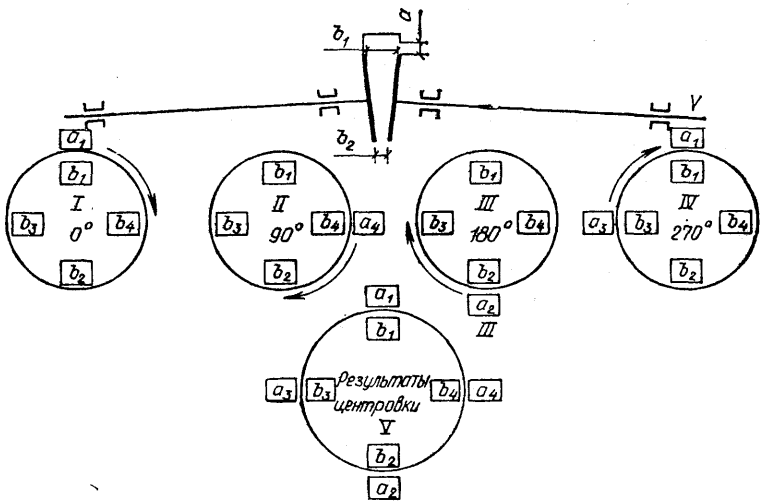


64. Проверки

а — прямолинейности линейкой и штихмассом; *б* — прямолинейности оптическим методом; *в* — перпендикулярности рамным уровнем; *г* — перпендикулярности угольником и щупом; *д* — перпендикулярности оптическим методом; *1* — линейка; *2* — штихмасс; *3* — деталь оборудования; *4* — труба; *5* — телескоп; *6* — сетка; *7* — угольник; *8* — рамный уровень; *А* и *В* — точки оптического луча



65. Выверка аппарата оптико-геодезическим методом



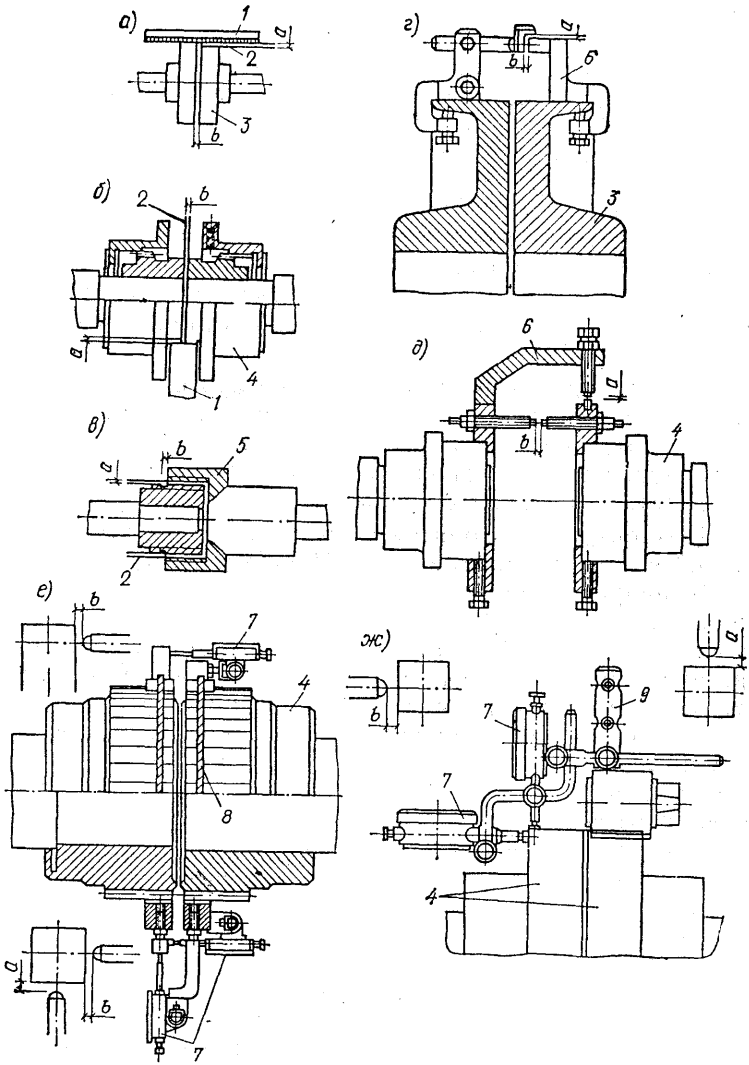
66. Центровка валов по полумуфтам

ветственно равны друг другу. Результаты замеров в процессе центровки записывают на круговой диафрагме.

Радиальные и торцовые зазоры измеряют линейкой, щупом и индикатором (рис. 67). На две полумуфты упругой муфты *3* устанавливают линейку и щупом измеряют радиальный зазор *a*. Торцевой зазор *b* измеряют щупом. Радиальные и торцевые зазоры в зубчатой муфте *4* и в кулачковой муфте *5* измеряют с помощью щупа (рис. 67, *б, в*). Зазоры также замеряют скобами, которые закрепляют на полумуфтах упругой или зубчатой муфты (рис. 67, *г, д*). Наиболее точно измеряют зазоры индикаторами, которые закрепляют на полумуфтах тросиками или магнитами (рис. 67, *е, ж*).

При всех способах замера зазоров оба центрируемых вала должны быть установлены в нулевое положение согласно меткам на полумуфтах. Если таких меток нет, их следует нанести в процессе монтажа и в дальнейшем принимать за начальное положение.

Центровка производится в последовательности, указанной на рис. 66 цифрами I ... V. Оба вала поворачивают (в направлении рабочего вращения) от начального положения на 90, 180 и 270° и замеряют в каждом положении зазоры *a* и *b*. Таким образом, в каждом положении валов замеряют один зазор по окружности полумуфт (a_1, затем a_4, a_2 и a_3) и четыре зазора по торцу (b_1, b_2, b_3, b_4) с целью исключения при последующем подсчете из результатов центровки влияния осевых смещений валов при их поворотах. Если замеры произведены правильно, то должны соблюдаться следующие равенства: $a_1+a_2=a_3+a_4$; $b_1+b_2=b_3+b_4$. Отклонение в этих равенствах, превышающее 0,02 мм, может быть вызвано ошибкой в подсчете толщины пластин щупа при каком-либо замере; неодинаковым усилием при заводке пластин щупа под скобы при замерах; неисправностью индикатора; деформацией центровочной скобы вследствие недостаточной ее жесткости; наличием неровностей или забоин на поверхности полумуфт в местах размеров. Причины отклонений необходимо своевременно определить, устранить и вновь произвести замеры. Контрольный замер выполняют после поворота валов на 360°, т. е. при установке их в начальное (нулевое) положение. При этом результаты замеров должны совпадать с полученными в начале центровки. Контрольный замер производят для того, чтобы



67. Измерение радиальных и торцовых зазоров при центровке валов по полумуфтам с помощью

а — линейки и шупа в упругой муфте; *б* — шупа в зубчатой муфте; *в* — шупа в кулачковой муфте; *г* — скобы и шупа в упругой муфте; *д* — скобы и шупа в зубчатой муфте; *е* — приспособления с тремя индикаторами; *ж* — приспособления с магнитным основанием с тремя индикаторами; *1* — линейка; *2* — шуп; *3, 4, 5* — муфты; *6* — скоба; *7* — индикатор; *8* — приспособление с тросиками для закрепления индикаторов; *9* — приспособление с магнитным основанием для закрепления индикаторов

убедиться в отсутствии смещения центровочной скобы или индикаторов при повороте валов.

При анализе результатов центровки сначала подсчитывают средние арифметические значения замеров по торцам полумуфт:

$$(b_1^{I}+b_1^{II}+b_1^{III}+b_1^{IV})/4=b_1;$$

$$(b_2+b_2^{II}+b_2^{III}+b^{IV})/4=b_2 \text{ и т. д.}$$

Осевое смещение валов в подшипниках (в пределах галтелей шеек) при их повороте и биение полумуфт в расчет не принимаются, поскольку при указанном способе замеров они не влияют на результаты центровки. При повороте валы следует каждый раз устанавливать в одно и то же положение, ориентируясь по меткам, которые рекомендуется нанести мелом на полумуфты.

В результате центровки при четырех положениях валов определяют данные замеров по окружности (a_1, a_2, a_3, a_4) и средние арифметические значения замеров по торцу (b_1, b_2, b_3, b_4), по которым судят о положении валов и, следовательно, о необходимости их перемещения для достижения соосности. С целью упрощения результатов замеров при центровке из полученных данных вычитают наименьшее значение, тогда в одной точке по торцу и в одной точке по радиусу получится ноль, а остальные данные будут указывать величину расцентровки валов в сотых долях миллиметра.

В процессе центровки устанавливают: излом осей (непараллельность торцовых поверхностей) при совпадении центров полумуфт; несовпадение центров полумуфт при параллельности торцовых поверхностей; излом осей и несовпадение центров полумуфт.

Расцентровку подсчитывают как полуразность числовых значений по диаметру:

$$\Delta a_г=(a_4-a_3)/2;\quad \Delta a_в=(a_1-a_2)/2;$$

$$\Delta b_г=(b_3-b_4)/2;\quad \Delta b_в=(b_1-b_2)/2,$$

где $\Delta a_г$ и $\Delta b_г$ — расцентровка по горизонтали; $\Delta a_в$ и $\Delta b_в$ — расцентровка по вертикали.

Величину смещения прицентровываемого вала в вертикальной и горизонтальной плоскостях для исправления осевой расцентровки определяют по формуле

$$x=2\Delta bl/D,$$

где x — величина смещения вала на втором, удаленном от полумуфты подшипнике; Δb — осевая расцентровка в горизонтальной или вертикальной плоскости; l — длина вала между подшипниками; D — диаметр полумуфты, относительно которой производится измерение.

Смещение полумуфт y прицентровываемого вала определяют по формуле

$$y = xn/l,$$

где n — расстояние от торца полумуфты до центра ближайшего подшипника.

После корректировки положения валов вновь производят замеры, записывая результаты в круговую диаграмму, и определяют отклонения при центровке валов от норм, приведенных в табл. 4.

4. Отклонения при центровке валов

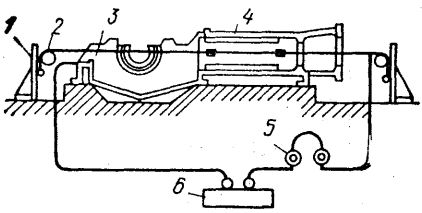
4. Отклонения при центровке валов

Частота вращения вала (ротора), мин$^{-1}$	Допускаемые перекос и параллельное смещение муфт (при диаметре муфты 500 мм)		
	жесткой	упругой пальцевой	зубчатой
3000 и более	0,02	0,04	0,04
До 3000	0,04	0,06	0,1
» 1500	0,06	0,08	0,12
» 750	0,08	0,1	0,15
» 500	0,1	0,15	0,2

Соосность внутренних расточек деталей и узлов проверяют с помощью струны и микрометрического нутромера (штихмасса). Струну первоначально закрепляют так, чтобы она совпала с осью базовой расточки, затем замеряют отклонение оси второй расточки от струны. При выполнении этих замеров необходимо учитывать провисание струны под действием силы тяжести.

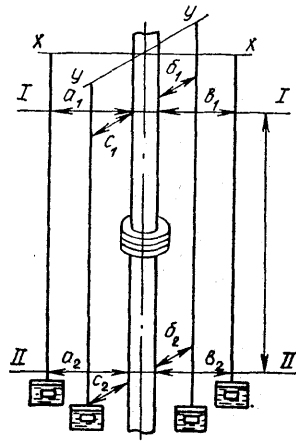
Расцентровку струн ведут электроакустическим способом (рис. 68). Цепь из источника тока и радионаушников одним концом присоединяют к раме, другим — к струне. В качестве источника тока применяют обычно батарейку карманного фонаря.

При выполнении замеров один конец штихмасса устанавливают на обработанную поверхность рамы и подбирают такую его длину, при которой второй конец легко касается струны в одной точке. В момент касания штих-



68. Снятие замеров электроакустическим способом

1 — стойка; *2* — центровочное приспособление; *3* — струна; *4* — рама; *5* — радионаушники; *6* — источник питания



69. Выверка вертикальности вала агрегата с помощью четырех струн

масса о струну цепь замыкается и в наушниках слышится треск. Расстояние до струны считается замеренным правильно, если уменьшение длины штихмасса на 0,02 мм уже не дает контакта в цепи наушников.

Вертикальность вала проверяют с помощью четырех струн (рис. 69), подвешенных по осям монтируемого оборудования (например, вертикального насоса) к хомуту, закрепленному на валу через электроизоляционную прокладку. Для измерения расстояния между шейками вала и струнами применяют микроштихмасс. Для облегчения измерений и повышения их точности вал и струны соединяют в электрическую цепь низкого напряжения (не более 12 В). Момент соприкосновения штихмасса со струной определяют на слух включением в цепь телефонной трубки (при контакте в трубке должен быть слышен треск). При проверке вертикальности с помощью четырех струн вал не проворачивают. Поверхности вала в местах замера должны быть гладкими и без забоин.

Точность замеров вертикальности вала определяют по формуле

$$P = [(a_1 + b_1) + (c_2 + \delta_2)] - [(a_2 + b_2) + (c_1 + \delta_1)].$$

Погрешность измерений при сопоставлении восьми замеров не должна превышать 0,02 мм. Если она превышает этот допуск, то замеры производят повторно.

Величину отклонения вала от вертикали определяют по формуле

$$\Delta l = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2},$$

где Δx и Δy — уклон в направлениях x и y.

Величина уклонов равна:

$$\Delta x = [(a_2 - b_2) - (a_1 - b_1)]/2; \quad \Delta y = [(c_2 - \delta_2) - (c_1 - \delta_1)]/2.$$

Отклонение вала от вертикали определяется величиной

$$\Delta l_0 = \Delta l / l,$$

где l — длина участка вала между точками замеров.

Допускаемое отклонение вала от вертикали во всех случаях, специально не оговоренных в рабочих чертежах и инструкциях по монтажу оборудования, не должно превышать 0,02 мм на 1 м длины.

6. ВИДЫ ИСПЫТАНИЙ СМОНТИРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Смонтированное оборудование подвергают следующим индивидуальным испытаниям: на прочность и плотность — сосуды и аппараты, а также системы смазки и охлаждения; вхолостую — компрессоры (за исключением центробежных) и насосы; под нагрузкой — компрессоры и насосы.

Если нельзя провести испытания под нагрузкой в отрыве от испытаний всего комплекса смежного оборудования и коммуникаций, их проводят при комплексном опробовании оборудования. Объем, условия и продолжительность индивидуальных испытаний каждого вида оборудования должны соответствовать стандартам, техническим условиям и указаниям заводов-изготовителей.

Оборудование, подконтрольное органам Госгортехнадзора, испытывают в соответствии с правилами, утвержденными этими органами. Сосуды и аппараты, поступающие на строительство полностью собранными и испытанными на заводе-изготовителе, индивидуальным испытаниям на прочность и плотность не подвергают за исключением тех случаев, когда в процессе транспортировки или монтажа на оборудовании появились повреждения или с момента отгрузки оборудования с завода-изготовителя прошло более 12 мес, а также если при монтаже

элементы сосудов и аппаратов подвергаются сварке, пайке и вальцовке.

К началу индивидуального испытания оборудования вхолостую должны быть смонтированы системы защиты электрооборудования и защитного заземления, системы смазывания, водяного и масляного охлаждения и установлены контрольно-измерительные приборы, предусмотренные проектом. Индивидуальные испытания оборудования вхолостую проводит монтажная организация. Возможность начала индивидуального испытания оборудования под нагрузкой устанавливают совместно представители монтажной организации, заказчик и персонал шефмонтажа (если таковой участвует в монтаже). Само испытание проводится по совместному приказу дирекции предприятия и руководства генподрядной организации, в котором указывается порядок проведения испытаний. Для проведения индивидуальных испытаний заказчик выделяет ответственное лицо из числа инженерно-технических работников, уполномоченное на подачу и снятие напряжения с электроустановок. Оборудование, подконтрольное соответствующим органам Госгортехнадзора, испытывают с участием представителей этих органов.

В настоящей главе приведены общие требования к проведению испытаний, специальные требования содержатся в соответствующих главах по монтажу оборудования и трубопроводов.

Испытания на прочность и плотность. По окончании монтажа сосуды и аппараты испытывают на прочность и плотность, как правило, гидравлически — пробным (испытательным) давлением (табл. 5).

Перед гидравлическим испытанием аппарат (рис. 70) укладывают на временные опоры с наклоном. На все штуцера аппарата устанавливают заглушки. Аппарат заполняют водой до тех пор, пока она не будет выходить из открытого вентиля для выхода воздуха. Затем вентиль закрывают и включают гидропресс, который доводит давление воды в аппарате до испытательной величины. Давление измеряют манометрами.

Перед повышением давления необходимо убедиться в отсутствии воздуха в сосуде или аппарате. Если для гидравлического испытания сосуд был заполнен холодной водой и на его стенках появилась роса, его испытание производят только после высыхания стенок сосуда. При гидравлическом испытании должно быть обеспечено по-

5. Пробное давление при гдиравлическом испытании сосудов и аппаратов, предназначенных для работы при температуре стенок до 200 °С

Сосуды	Рабочее давление Р, МПа	Пробное давление
Все сосуды и аппараты, кроме литых	Ниже 0,5	1,5 Р, но не менее 0,2 МПа
То же	0,5 и выше	1,25 Р, но не менее Р + 0,3 МПа
Литые	Независимо от давления	1,5 Р, но не менее 0,3 МПа

Примечание. Гидравлическое испытание сосудов и аппаратов, работающих при температуре 200...400 °С, производится давлением, превышающем рабочее не менее чем в 1,5 раза, а при температуре свыше 400 °С — давлением, превышающем рабочее не менее чем в 2 раза.

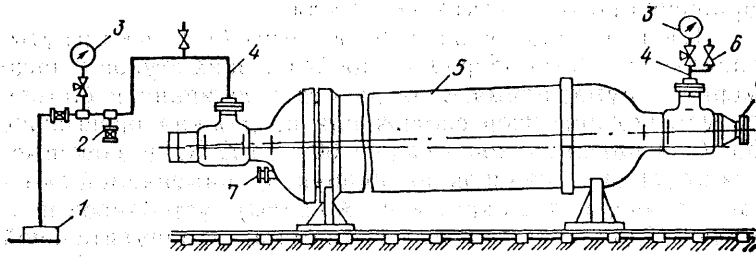
степенное и плавное повышение и снижение давления. Измеряют давление контрольным манометром.

Под пробным давлением сосуд или аппарат должен находиться 5 мин, затем давление постепенно снижают до рабочего, при котором осматривают сосуд, проверяя его на плотность. Особое внимание обращают на сварные швы и вальцовочные соединения. Если во время испытания внутри сосуда слышны удары, шум и стук или если резко падает давление, испытание прекращают и осматривают сосуд для установления причин их появления и возможных повреждений.

Сосуд или аппарат признается выдержавшим испытание, если в нем не окажется признаков разрыва, не будет замечено течи и потения в сварных швах, не будут замечены видимые остаточные деформации после испытаний. Сосуды и аппараты, работающие при атмосферном давлении, испытывают наливом воды или смачиванием сварных швов керосином (табл. 6).

6. Испытание сварочных швов смачиванием керосином

Толщина шва, мм	Время выдержки, мин, при положении шва	
	нижнем	потолочном вертикальном
До 4	20	30
4...10	25	35
Свыше 10	30	40



70. Гидравлическое испытание аппарата

1 — гидропресс; *2* — вентиль для спуска воды; *3* — манометр; *4* — трубопровод *5* — аппарат; *6* — вентиль; *7* — заглушки

Если сосуды и аппараты нельзя испытывать гидравлически (зимнее время, опорные конструкции или фундаменты не рассчитаны на заполнение сосудов жидкостью и пр.), их испытывают пневматически воздухом или инертными газами, при этом испытание производят по специальной программе, предусматривающей соблюдение всех мер по технике безопасности.

Испытания вхолостую. Если привод оборудования предусмотрен через соединительную муфту или клиноременную передачу, то до начала испытаний оборудования выполняют обкатку вхолостую электродвигателя при разъединенных полумуфтах или снятых ремнях. Обкатку продолжают до установления нормальной температуры подшипников, но не менее 2 ч.

При подготовке оборудования к испытанию вхолостую маслобаки и камеры подшипников заполняют маслом через фильтрующие сетки и марлю до контрольных отметок на маслоуказателях; проверяют свободное вращение ротора (вала) поворотом на 1 . . . 2 оборота; промывают маслопроводы системы принудительной смазки от пускового маслонасоса путем прокачки масла, минуя подшипники; проверяют смазку зубчатых соединительных муфт; охлаждение межступенчатого оборудования, сальников и воздухоохладителя электродвигателя; положение открытия и закрытия всех задвижек и вентилей на основных и вспомогательных трубопроводах; правильность направления вращения ротора коротким включением электродвигателя; затяжку резьбовых соединений и окончательную сборку соединительных муфт после повторной

проверки соосности валов и определения направления вращения ротора электродвигателя.

При испытании вхолостую должны быть достигнуты: спокойная работа оборудования без резких стуков и чрезмерного шума; нормальная работа подшипников (температура подшипников скольжения не должна превышать 65 °С, а подшипников качения 60 ... 100 °С в зависимости от серии и размеров подшипников, применяемой смазки и температуры окружающей среды); устойчивое нормальное давление масла в системах принудительной смазки и надежная блокировка электропитания оборудования при падении давления масла; бесперебойное поступление масла во все смазываемые места и отсутствие утечки масла из соединений маслопроводов и корпусов подшипников; бесперебойная работа систем водяного или воздушного охлаждения; нормальная работа лабиринтовых, торцовых и сальниковых уплотнений. Продолжительность испытаний приведена в табл. 7.

7. Продолжительность испытаний вхолостую, ч

Компрессоров:	
поршневых холодильных установок горизонтальных	24
то же, вертикальных	12
ротационных пластинчатых	2
Насосов	2

Центробежные насосы вхолостую не испытывают. При наличии специальных указаний завода-изготовителя продолжительность испытаний может быть изменена.

Испытание под нагрузкой состоит из пробных пусков с постепенным увеличением параметров (давления, производительности и др.) и остановками (для осмотра и устранения неполадок), а также непрерывного испытания. В процессе испытания оборудования под нагрузкой должно быть достигнуто то же, что и при испытании вхолостую и, кроме того, определена величина амплитуды вибраций подшипников (табл. 8).

Компрессоры под нагрузкой испытывают воздухом за исключением случаев, оговоренных в указаниях завода-изготовителя. Режим испытания газового компрессора под нагрузкой воздухом должен соответствовать заводской инструкции, при этом не допускается перегружать компрессор и электродвигатель. Температура воздуха на линии нагнетания не должна превышать 160 °С. Если под нагрузкой испытывают поршневой компрессор, имеющий

8. Величина амплитуд вибраций подшипника в зависимости от частоты вращения ротора

Частота вращения ротора (вала), мин⁻¹	Амплитуда вибраций, мм
900	0,25
1200	0,2
1500	0,12
1800	0,11
2400	0,06
3000	0,04
3600	0,03
5000	0,02
7200 и более	0,01

на линии нагнетания ресивер, искусственное сопротивление для образования противодавления на компрессоре создают задвижкой, расположенной по ходу воздуха за ресивером. Продолжительность непрерывного испытания под нагрузкой должна соответствовать приведенной в табл. 9.

9. Продолжительность непрерывного испытания оборудования под нагрузкой, ч

Компрессоров:	
центробежных	24
ротационных пластинчатых	8
Насосов	4

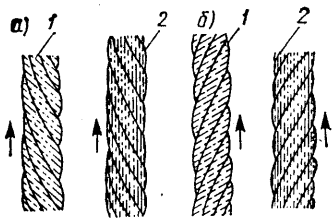
Поршневые компрессоры холодильных установок при монтаже под нагрузкой не испытывают.

Комплексное опробование оборудования выполняется после окончания индивидуальных испытаний. Опробование производят на нейтральной среде или с выдачей продукции. Вид и продолжительность комплексного опробования в зависимости от характера производства определяются правилами приемки в эксплуатацию законченных строительством предприятий, объектов и цехов различных отраслей промышленности.

ГЛАВА IV. ТАКЕЛАЖНЫЕ РАБОТЫ

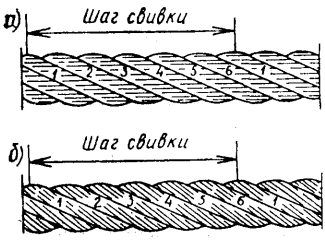
1. ОСНОВНЫЕ ТАКЕЛАЖНЫЕ МЕХАНИЗМЫ И ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

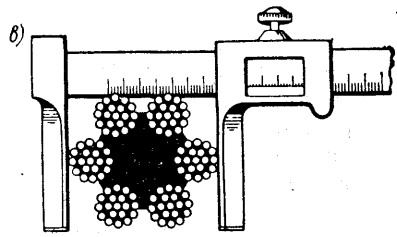
Такелажными работами называют вид монтажных работ, связанных с подъемом и перемещением технологического оборудования, трубопроводов и металлоконструкций или их блоков. Для такелажных работ широко при-



71. Свивки канатов
а — левая; *б* — правая; *1* — односторонняя; *2* — крестовая

72. Измерение шага крестовой (*а*) и односторонней (*б*) свивки и диаметра (*в*) каната (1 .. 6 — метки)





меняют стальные канаты. Ими пользуются для оснастки грузоподъемных механизмов и приспособлений, изготовления стропов, расчалок, оттяжек и т. д. Канаты выпускают самых различных типов, отличающихся один от другого числом проволок в пряди, числом самих прядей, направлением свивки прядей в канате и проволок в прядях, типов сердечника и др.

Из выпускаемых промышленностью канатов монтажным условиям больше всего удовлетворяют канаты двойной крестовой или односторонней свивки, состоящие из 6 прядей при одном пеньковом сердечнике. Вид (крестовая или односторонняя) и направление свивки каната (правая или левая) определяют по внешнему виду (рис. 71).

В канатах крестовой свивки проволоки расположены параллельно оси каната, а в канатах односторонней свивки — наклонно. При правой свивке пряди в канате идут снизу вверх направо (против часовой стрелки), при левой — снизу вверх налево (по часовой стрелке). Для изготовления расчалок, оттяжек и в тех случаях, когда канат не подвергается перегибу, применяют жесткий канат из 6 прядей по 19 проволок в каждой с одним пеньковым сердечником. Для грузовых канатов в полиспастах, лебедках, кранах применяют более гибкий канат из

6 прядей по 37 проволок в каждой. Иногда для изготовления стропов может быть рекомендован более гибкий канат из 6 прядей по 61 проволоке в каждой пряди.

Диаметр каната выбирают в соответствии с расчетом на прочность. Диаметр измеряют штангенциркулем. Изношенные канаты бракуют по числу обрывов проволоки, по степени коррозии проволок и состоянию сердечника. Канат бракуют, если число обрывов проволок на длине одного шага свивки каната превышает приведенное в табл. 10.

10. Допустимое число обрывов проволок канатов

Первоначальный коэффициент запаса прочности при установленном правилами отношении D/d	Конструкция канатов			
	6×19=114 и один органический сердечник	6×37=222 и один органический сердечник	6×61=366 и один органический сердечник	18×19=342 и один органический сердечник
	Число обрывов проволок на длине одного шага крестовой (односторонней) свивки каната, при котором канат должен быть забракован			
До 6	12 (6)	22 (11)	36 (18)	36 (18)
От 6 до 7	14 (7)	26 (13)	38 (19)	38 (19)
Свыше 7	16 (8)	30 (15)	40 (20)	40 (20)

Из табл. 10 видно, что для канатов односторонней свивки допускаемое число обрывов проволоки вдвое меньше, чем для канатов крестовой свивки.

Шаг свивки каната определяют следующим образом. На поверхности какой-либо пряди (рис. 72) наносят метку *1*, от которой отсчитывают вдоль центральной оси каната столько прядей, сколько их имеется в сечении каната (например, 6 в 6-прядном канате), и на следующей после отсчета пряди (в данном случае на седьмой) наносят вторую метку *1*. Расстояние между метками принимают за шаг свивки каната. У многопрядных канатов (например, у каната 18×19=342 проволоки с одним органическим сердечником) имеется 6 прядей во внутреннем слое и 12 — в наружном. Шаг свивки в этом случае определяют по числу прядей в наружном слое.

Канат, изготовленный из проволок различного диаметра, конструкции 6×19=114 проволок с одним органическим сердечником бракуют согласно данным, приведенным в табл. 10, причем число обрывов как норма браковки принимается за условное. При подсчете обрывов за

единицу принимают обрыв тонкой проволоки, а обрыв толстой проволоки — 1,7. Например, если на длине одного шага свивки каната при первоначальном коэффициенте запаса прочности до 6 имеется 6 обрывов тонких проволок и 5 обрывов толстых проволок, то условное число обрывов составляет $6\times1+5\times1,7=14,5$, т. е. более 12, и, следовательно, канат бракуется.

Число обрывов проволок на одном шаге свивки как признак браковки каната, конструкция которого не указана в табл. 10, определяют исходя из данных, помещенных в этой таблице для каната, ближайшего по числу прядей и числу проволок. Например, для каната конструкции $8\times19=152$ проволоки с одним органическим сердечником ближайшим является канат $6\times19=114$ проволок с одним органическим сердечником. Для определения признака браковки число обрывов на одном шаге свивки для каната $6\times19=114$ проолок с одним органическим сердечником следует умножить на коэффициент $96:72=1,38$ (96 и 72 — числа проволок в наружных слоях прядей одного и другого канатов). Число проволок в наружных слоях прядей определяют по стандарту на соответствующий канат или путем подсчета.

Канаты для грузоподъемных машин, предназначенных для подъема людей, а также транспортирующих расплавленный или раскаленный металл, взрывчатые, огнеопасные и ядовитые вещества, бракуют при числе обрывов проволок на одном шаге свивки вдвое меньшем, чем указано в табл. 10.

При наличии у каната поверхностного износа и признаков коррозии проволок число обрывов на шаге свивки должно быть уменьшено в соответствии с данными, изложенными ниже. При износе проволок (или коррозии), достигшем 40 % и более первоначального диаметра проволок, канат должен быть забракован. Износ или коррозию проволок по диаметру определяют микрометром или другим инструментом, обеспечивающим достаточную точность. Для этого отгибают конец проволоки в месте обрыва на участке наибольшего износа. Замер оставшейся толщины проволоки производят с отогнутого ее конца после предварительного удаления с него грязи и ржавчины (табл. 11).

При числе обрывов проволок на длине одного шага свивки меньшем, чем указано в табл. 10, а также при наличии поверхностного износа проволок без их обрыва

11. Допускаемое число обрывов проволок каната в зависимости от его износа

Уменьшение диаметра проволок в результате поверхностного износа или коррозии, %	Число обрывов проволок на одном шаге свивки, % от указанного в табл. 10
10	85
15	75
20	70
25	60
30 и более	50

канат может быть допущен к работе при следующих условиях: тщательное наблюдение за его состоянием при периодических осмотрах с записью результатов в журнал осмотров; смена каната по достижении степени износа, указанной в табл. 10 и 11.

Если груз подвешен на двух канатах, то каждый канат бракуют в отдельности, причем допускается заменять один более изношенный канат. Канат с оборванной прядью или с сильно изношенным органическим сердечником при нарушении его структуры не применяется для работы.

Монтажники используют канаты целиком или рубят на отрезки нужной длины. Для этого канат предварительно обматывают мягкой проволокой на длину 1 ... 2 диаметра каната от намеченного места рубки. Один конец обмоточной проволоки загибают и вводят в пряди каната, а другой пропускают под витки и обрезают. Только после этого рубят канат острым кузнечным зубилом на стальной плите.

Стальные канаты требуют надлежащего ухода. Их хранят в сухом, прохладном помещении, свернутыми в бухты установленного диаметра, на стеллажах или прокладках. Канаты или изделия из них регулярно осматривают для обнаружения возможных дефектов. Стальные канаты смазывают при изготовлении. Если при эксплуатации канатов смазка исчерпывается, а канат находится еще в хорошем состоянии, смазку в канате восстанавливают. Для этого канат очищают от грязи и протягивают через специальный контейнер с маслом.

При такелажных работах для изменения направления движения каната и уменьшения силы, необходимой для перемещения или подъема груза, применяют монтажные блоки. Блок состоит из корпуса, внутри которого

размещены ролики, вращающиеся на оси в подшипниках. Ролики по наружному периметру имеют канавку для каната. В зависимости от числа роликов блоки подразделяют на одно- и многорольные. Однорольные блоки (рис. 73) применяют как отводные и для подъема легких грузов, многорольные — для подъема тяжелых грузов. Наибольшее распространение получили однорольные блоки грузоподъемностью 1 ... 25 т. Однорольные блоки с откидными щеками применяют в качестве отводных. Преимущество их в том, что канат после поворота щеки может быть быстро без распасовки вынут из блока.

Из многорольных блоков при монтаже широко применяются 2-рольные грузоподъемностью до 15 т, 3-рольные — до 25 т, 4-рольные — до 32 т, 5-рольные — до 50 и 100 т, 7-рольные — до 130 т, 8-рольные — до 160 т, 11-рольные — до 280 т, 13-рольные — до 630 т.

Простейшее грузоподъемное устройство, состоящее из двух блоков, соединенных между собой канатом, называется полиспастом. Пользование полиспастом дает выигрыш в силе при уменьшении скорости перемещения груза и нагрузки подъемной лебедки. Верхний блок полиспаста (неподвижный) прикрепляют к подъемному приспособлению (мачте, порталу и др.), нижний блок (подвижный) — к поднимаемому грузу. Канат последовательно огибает все ролики блоков; затем один конец его прикрепляют наглухо к верхнему или нижнему блоку полиспаста, а другой через отводные ролики отводят к барабану лебедки.

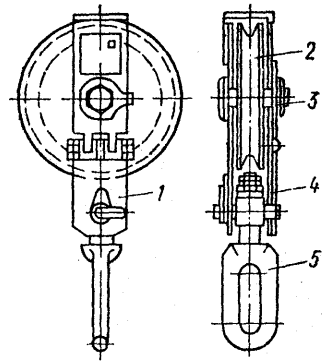
Усилие S в сбегающей нитке каната равно ориентировочно массе поднимаемого груза Q (рис. 74), деленной на число рабочих нитей и коэффициент полезного действия полиспаста, который подбирают по таблицам в зависимости от вида подшипников (качения или скольжения) и числа роликов в полиспасте.

В зависимости от массы поднимаемого груза, наличия такелажной оснастки, условий подъема оборудования применяют различные виды запасовок полиспастов и отводных блоков.

Часто встречается запасовка полиспастов с использованием дополнительного верхнего отводного ролика (рис. 75, *а*), что позволяет увеличить грузоподъемность полиспаста и уменьшить усилие в сбегающей нитке. Применяют также несколько систем полиспастов с уравнительными роликами (рис. 75, *б*). Если при подъеме груза

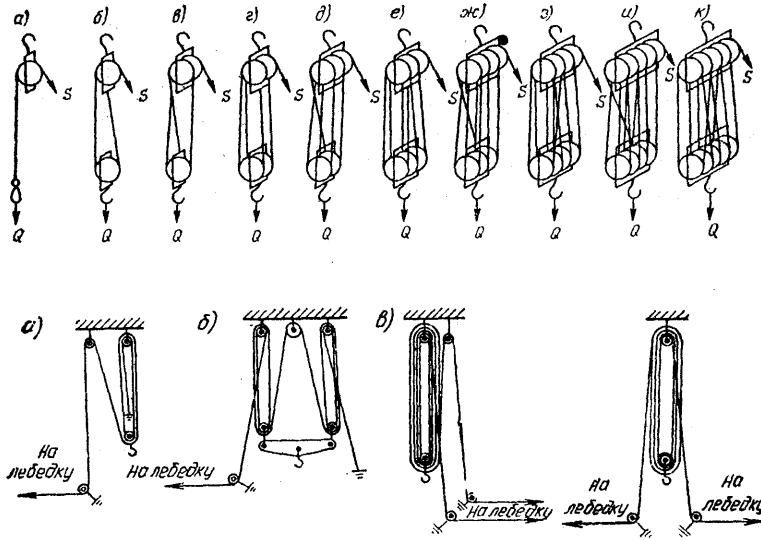
73. Однорольный блок грузоподъемностью до 10 т

1 — тяга; *2* — ролик; *3* — ось; *4* — откидная щека; *5* — траверса с серьгой



74. Схема запасовки полиспастов с различным числом рабочих нитей

а — с одной; *б* — с двумя; *в* — с тремя; *г* — с четырьмя; *д* — с пятью; *е* — с шестью; *ж* — с семью; *з* — с восьмью; *и* — с девятью; *к* — с десятью

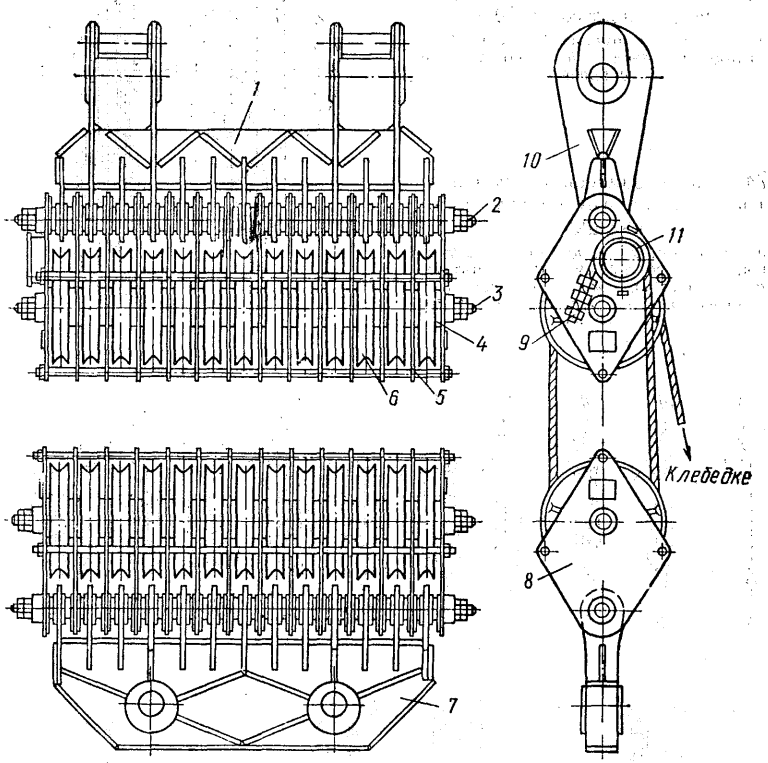


75. Запасовка полиспастов

а — полиспаст с верхним отводным роликом; *б* — сдвоенный полиспаст с верхним уравнительным роликом; *в* — полиспасты с приводом от двух лебедок

полиспаст имеет большую длину или много ниток, сматываемый канат может не поместиться на барабане лебедки. Тогда применяется запасовка одного полиспаста на две лебедки (рис. 75, *в*).

На рис. 76 показан полиспаст с использованием блоков грузоподъемностью 630 т. Как видно из рисунка, комплект состоит из двух блоков: неподвижного и под-

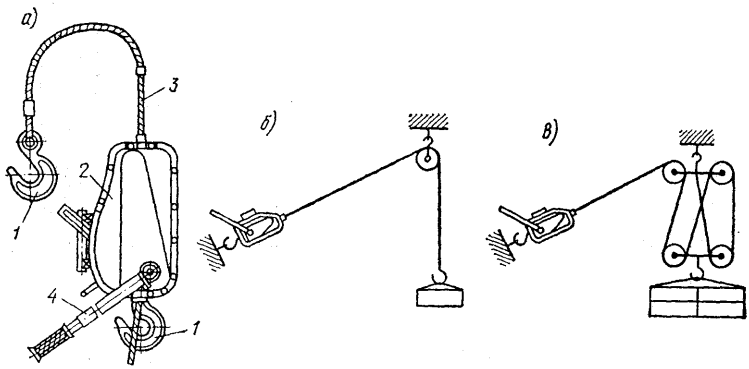


76. Полиспаст грузоподъемностью 630 т

1, 7 — траверсы; *2* — грузовая ось; *3* — оси роликов; *4* — боковые щеки; *5* — поддерживающие щеки; *6* — ролики; *8* — подвижный блок; *9* — сжимы; *10* — неподвижный блок; *11* — обечайка

вижного. Неподвижный блок присоединяют непосредственно к оголовку монтажной мачты; к подвижному блоку присоединяют бестросовый захват, прикрепленный к монтируемому аппарату. Присоединительная траверса *1* неподвижного блока и присоединительная траверса *7* подвижного блока выполнены из низколегированной стали. Роликовые части обоих блоков одинаковы и состоят из 13 роликов, смонтированных на подшипниках, 12 поддерживающих и двух боковых щек, оси роликов и грузовой оси. На обечайку наматывают мертвый конец каната полиспаста, который затем крепят сжимами.

Для создания тягового усилия применяют лебедки с ручным и машинным приводами, тали, электротали. Наи-



77. Ручная рычажная лебедка

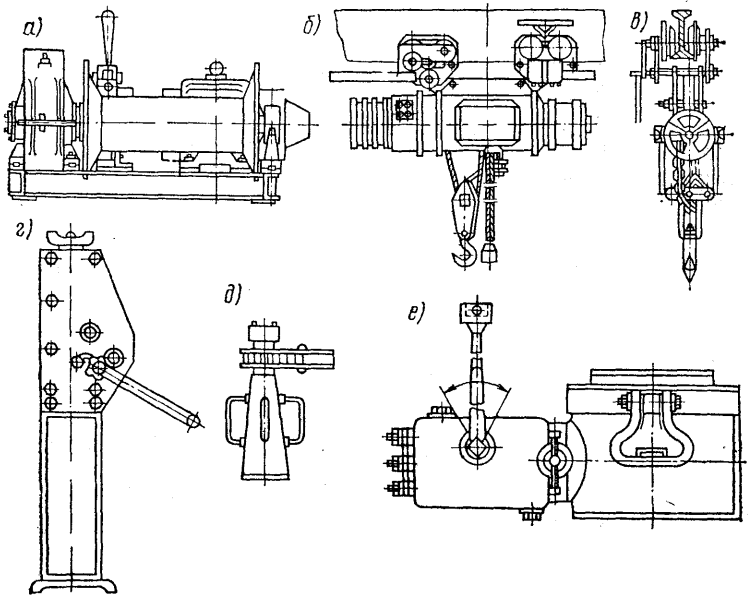
а — общий вид лебедки; *б* — подъем груза через отводной ролик; *в* — подъем груза через полиспаст; *1* — крюк; *2* — корпус; *3* — канат; *4* — рукоятка

большее распространение получили рычажные лебедки с ручным приводом грузоподъемностью 0,75; 1,5 и 3 т (рис. 77), с машинным приводом грузоподъемностью 3; 5; 7,5; 12,5 и 32 т (рис. 78, *а*); тракторные лебедки грузоподъемностью 8,5 т. При монтаже применяют тали, электротали, кошки грузоподъемностью до 10 т (рис. 78, *б, в*). Широкое распространение при монтаже получили также домкраты реечные, винтовые и гидравлические (рис. 78, *г, д, е*).

Для закрепления вант, такелажных приспособлений, лебедок применяют горизонтальные якоря различных конструкций разной грузоподъемности: свайные, заглубленные, наземные облегченные, полузаглубленные, наземные на шипах, винтовые.

Свайные (рис. 79, *а*) и заглубленные (рис. 79, *б*) якоря изготовляют деревянными, металлическими и железобетонными. Наибольшее распространение получили наземные облегченные, полузаглубленные и наземные на шипах якоря.

Якоря наземные облегченные (рис. 79, *в*) состоят из двух сварных рам, соединенных в средней части осью, а в задней — консольной рамой для установки на ней лебедки. К нижней поверхности рам приварены швеллеры, обеспечивающие надежное сцепление якоря с грунтом. На раму кладут необходимое число железобетонных блоков в зависимости от грузоподъемности. Наиболее широкое распространение получили якоря грузоподъемностью



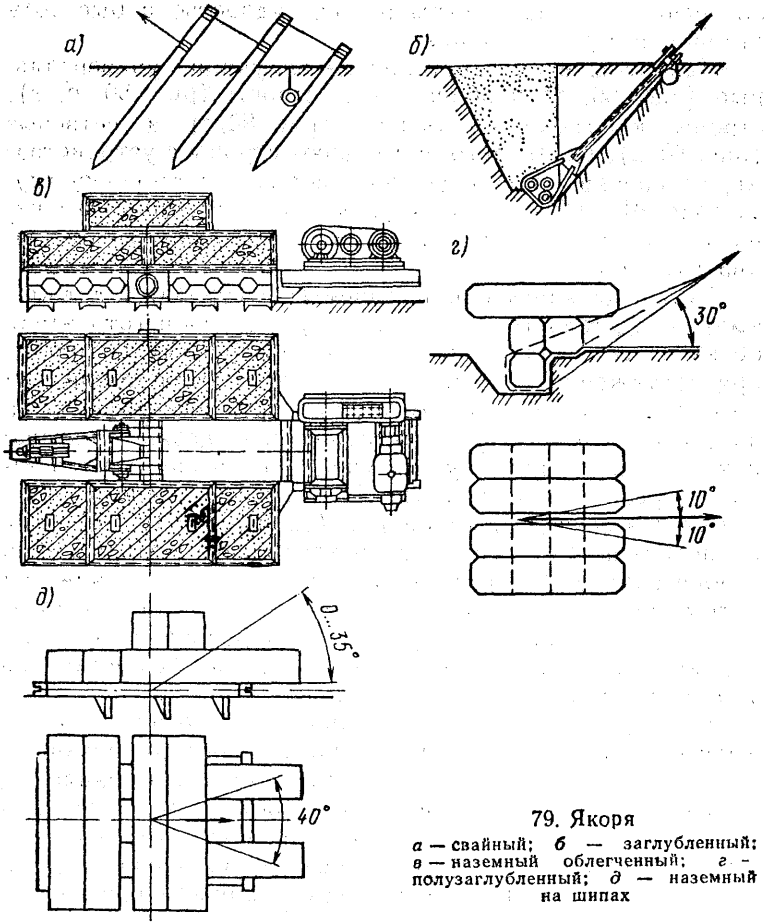
78. Такелажные механизмы

а — электролебедка; *б* — электроталь; *в* — кошка с талью; *г* — реечный домкрат; *д* — винтовой домкрат; *е* — гидравлический домкрат

до 50 т. Наземные якоря инвентарные, их можно устанавливать на любые грунты, за исключением свеженасыпанных, иловых, торфяных, скальных. В зимних условиях якоря можно устанавливать на оттаянные и разогретые грунты.

Полузаглубленные якоря (рис. 79, *г*) состоят из железобетонных блоков размером 900×900×4000 мм, массой 7,5 т каждый. В зависимости от числа блоков якоря применяют на усилия до 1100 кН.

Наземные якоря на шипах (рис. 79, *д*) состоят из рамы и железобетонных блоков. Рама представляет собой сварную конструкцию из труб и швеллеров. Перпендикулярно плоскости рамы приваривают шипы таврового сечения, которые под действием собственной массы якоря и массы загруженных на него железобетонных блоков врезаются в грунт. Наземный якорь можно устанавливать на любые грунты, кроме свеженасыпанных, иловых, торфяных и скальных. В зимних условиях такой якорь мож-



79. Якоря

а — свайный; *б* — заглубленный; *в* — наземный облегченный; *г* — полузаглубленный; *д* — наземный на шипах

но устанавливать на мерзлый грунт. Для того чтобы шипы вдавливались в грунт, раму якоря загружают грузом не менее 40 т. Наиболее распространены якоря усилием до 1000 кН.

2. СТРОПОВКА, ВЯЗКА УЗЛОВ, СРАЩИВАНИЕ КАНАТОВ

Для подвешивания поднимаемого груза к крюку или траверсе грузоподъемного механизма применяют стропы. Их изготовляют из стальных и нейлоновых канатов, иногда из стальных цепей. Конструкция стропа должна

обеспечивать безопасность работ, удобство и быстроту строповки и расстроповки.

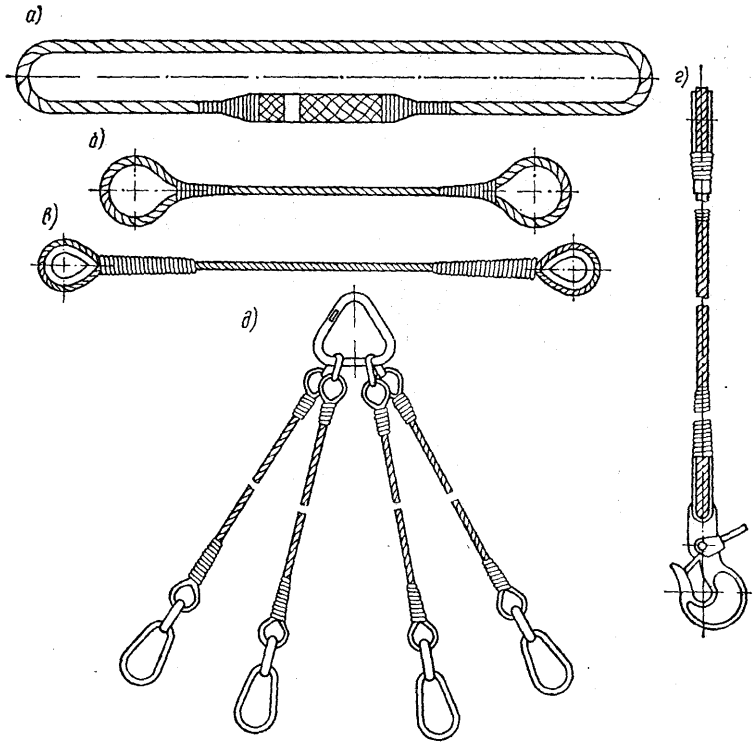
Наибольшее распространение получили универсальные (рис. 80, *а*) и облегченные стропы (рис. 80, *б*, *в*), стропы канатные с крюком (рис. 80, *г*) и ветвевые (рис. 80, *д*). Кроме того, применяют стропы с устройствами, обеспечивающими дистанционную расстроповку груза (рис. 81). Прикладывая усилие к дистанционному канату, оттягивают палец, и строп освобождается от захватного устройства.

Стальные канаты, применяемые в стропах, должны иметь свидетельство (сертификат) завода-изготовителя об их испытаниях, а также указание предела прочности при растяжении. Каждый строп снабжают жетоном, на котором указывают марку стропа, грузоподъемность и дату испытаний. Испытания производят двойной нагрузкой. Стропы регистрируют в специальной книге, куда заносят результаты испытаний (не реже одного раза в 6 мес) и освидетельствований (один раз в 10 дн.). Для предотвращения быстрого износа увязывать канат в стропе следует без резких переломов в узлах или на острых углах груза. В местах перегиба стропа необходимо ставить подкладки. Строповать оборудование или конструкцию с прямыми и острыми углами без установки подкладок под канат запрещается.

При производстве такелажных работ возникает необходимость использования различных способов вязки узлов, петель, сращивания канатов с помощью заплеток, сжимов. На рис. 82 приведены наиболее распространенные канатные узлы. Канаты в узлах подвергаются изгибам, поэтому их несущая способность уменьшается. Коэффициент уменьшения несущей способности каната для различных узлов различен (табл. 12)

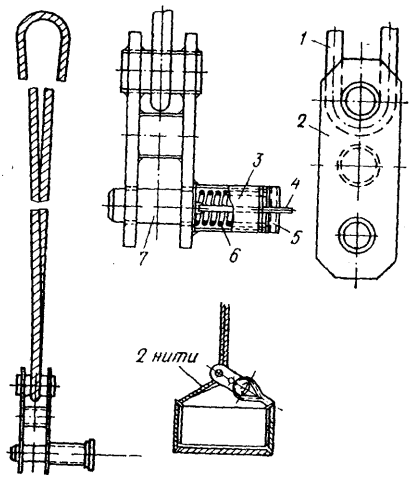
12. Коэффициент уменьшения несущей способности каната

Узлы	Коэффициент
Прямой, рифовый, вязка в коуш или петлю, брамшкотовый, беседочный одинарный, беседочный двойной	0,4
Штыковый, удавка, мертвая петля	0,7
Гаечный, удавка со штыком, задвижной штык, петля Голана, крепление к анкерам, на удав	0,6
Выбленочный одинарный, выбленочный двойной	0,5



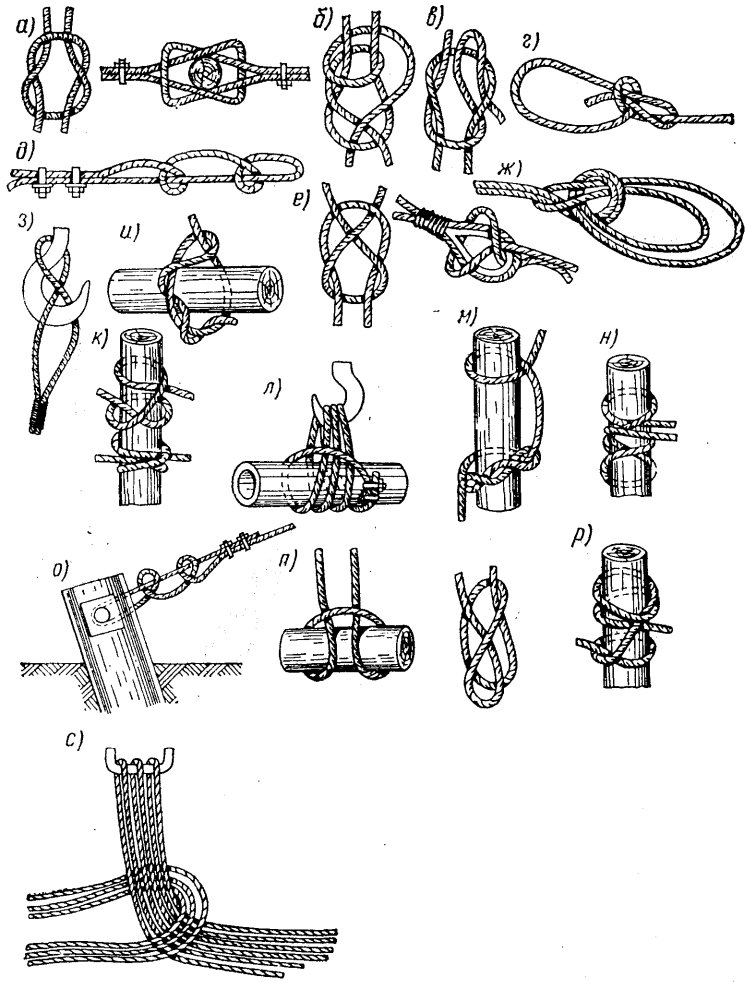
80. Стропы

а — универсальный; *б* — канатный облегченный без коушей; *в* — канатный облегченный с коушами; *г* — канатный с крюком; *д* — канатный четырехветвевой с кольцами



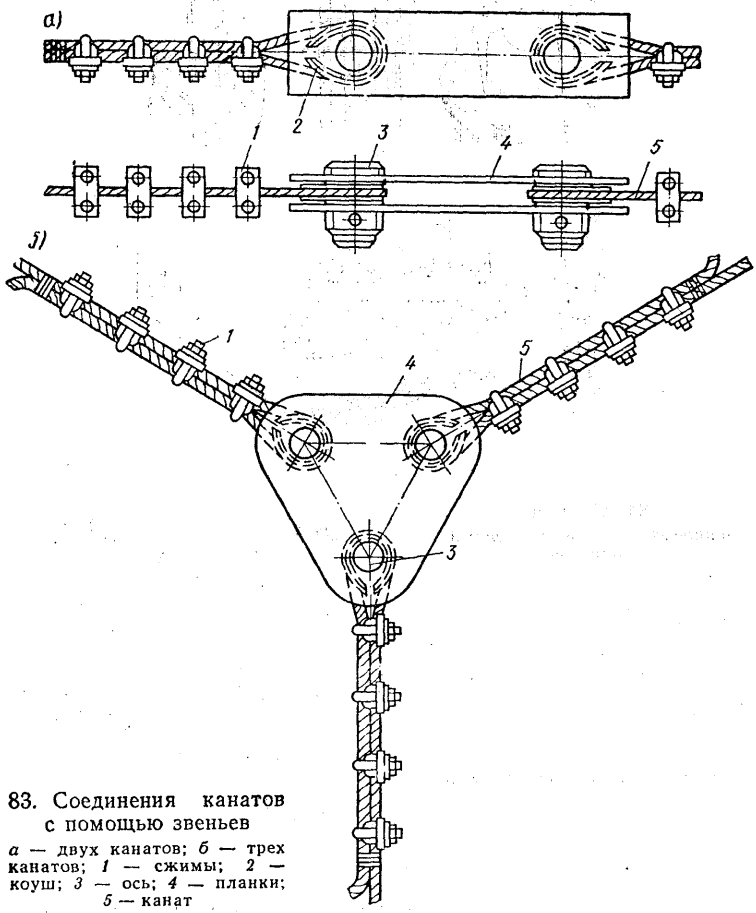
81. Строп полуавтоматический

1 — канат; *2* — карабин; *3* — направляющая трубка; *4* — дистанционный канат; *5* — крышка пружины; *6* — пружина; *7* — палец



82. Канатные узлы

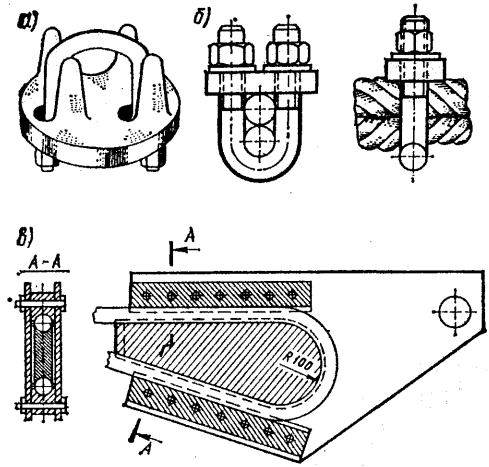
а — прямой; *б* — брамшкотовый; *в* — рифовый; *г* — беседочный одинарный; *д* — штыковой; *е* — вязка в коуш или петлю; *ж* — беседочный двойной; *з* — гаечный; *и* — удавка; *к* — выбленочный одинарный; *л* — на удав; *м* — удавка со штыком; *н* — выбленочный двойной; *о* — крепление анкерами; *п* — мертвая петля; *р* — задвижной штык; *с* — петля Голана



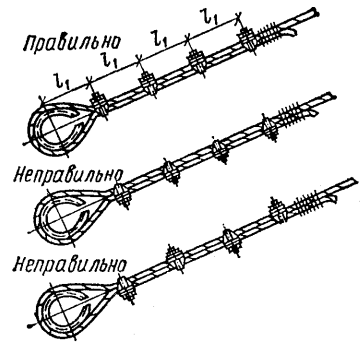
83. Соединения канатов с помощью звеньев

а — двух канатов; *б* — трех канатов; *1* — сжимы; *2* — коуш; *3* — ось; *4* — планки; *5* — канат

Наряду с вязкой временных узлов при монтаже приходится соединять канаты между собой. Концы стыкуемых канатов счаливают с помощью соединительных звеньев, сжимов, втулок способом опрессовки и гильзоклиновых соединений. Длина стыка должна составлять 40 диаметров каната. Счаливать можно канаты одного диаметра и одинаковой конструкции. Счаленные узлы испытывают на прочность. Стыковать канаты в полиспастах не разрешается.

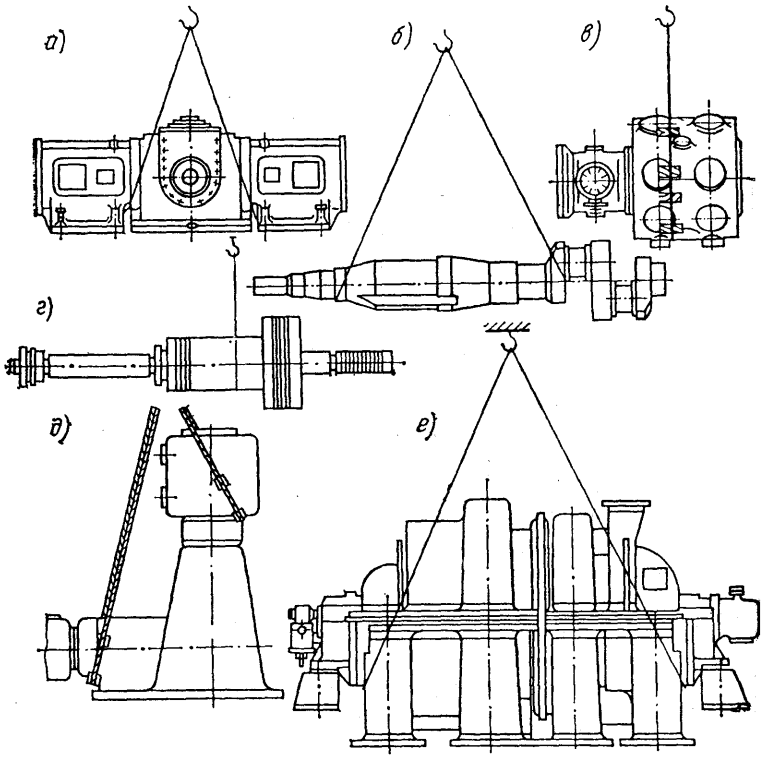


84. Сжимы
а — рожковый; *б* — обыкновенный; *в* — клиновой



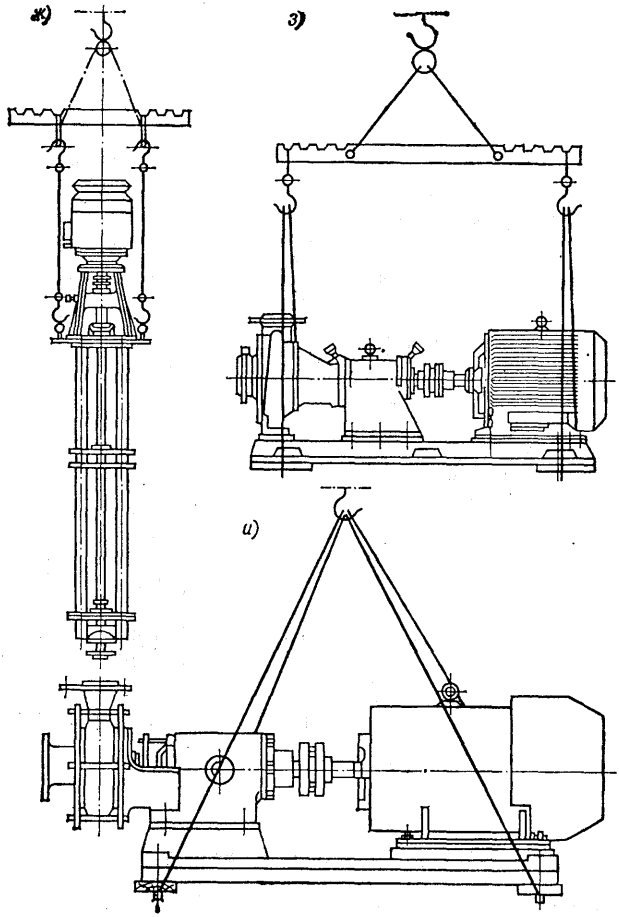
85. Расположение сжимов

Канаты можно соединять с помощью звеньев (рис. 83). Соединительное звено состоит из двух планок с осями, на которые через коуш надевают петли стыкуемых канатов. Для быстрого и надежного закрепления канатов на месте монтажа применяют рожковые, обыкновенные и клиновые сжимы (рис. 84). Расстояние между сжимами должно быть не менее 6 диаметров каната, а дужки сжимов устанавливают таким образом, чтобы они располагались со стороны нерабочей ветви каната (рис. 85). В зависимости от диаметра каната ставят разное число сжимов (табл. 13).



13. Число сжимов, устанавливаемое на канатах

Диаметр каната, мм	Число сжимов	Расстояние между сжимами	
		l_1	l_2
8,8	3	100	81
12,5	3	100	105
15,5	3	100	130
17,5	3	120	145
19,5	4	125	160
21,5	4	140	175
24	5	150	195
28	5	180	225
34,5	7	230	270
37	8	250	300



86. Схемы строповки машинного оборудования

а, б, в, г — рамы цилиндра, коленчатого вала, дифференциального поршня оппозитного компрессора; *д* — прямоугольного компрессора; *е* — турбокомпрессора; *ж* — вертикального насоса, *з, и* — горизонтальных насосов

Сжимы должны быть затянуты так, чтобы сжатый поперечник каната составлял 0,6 его номинального диаметра. Во время эксплуатации надо постоянно следить за состоянием сжимов и при необходимости подтягивать их.

На практике применяют различные способы строповки оборудования в зависимости от его конструктивных особенностей (рис. 86).

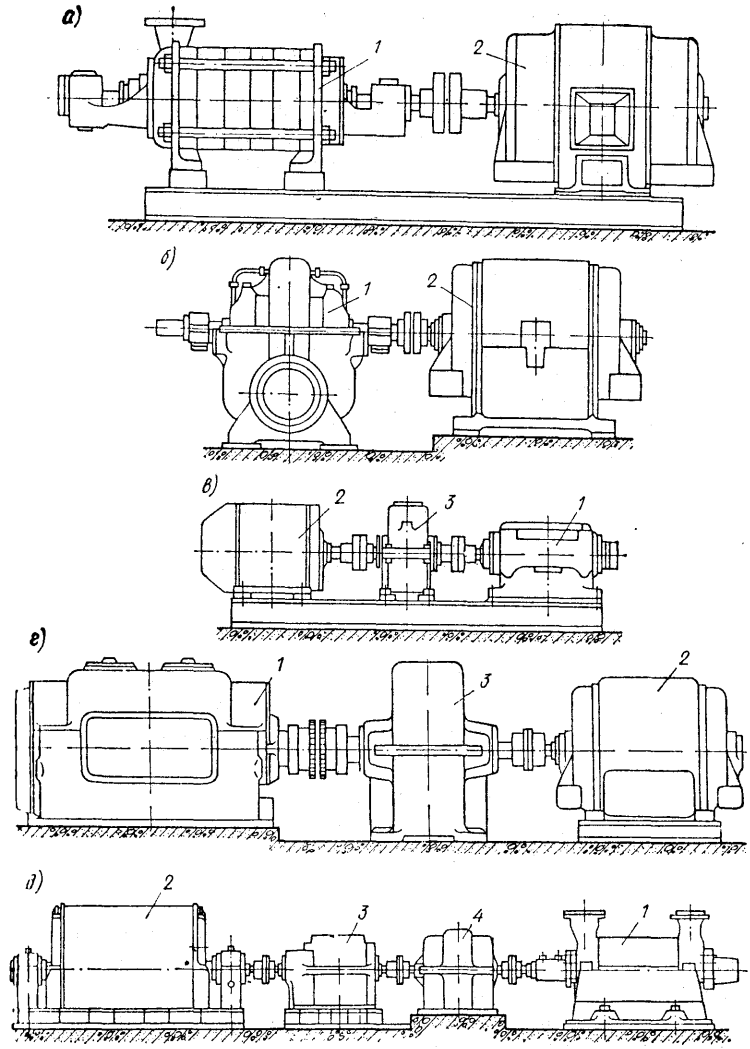
ГЛАВА V. МОНТАЖ КОМПРЕССОРОВ, НАСОСОВ, ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН И АППАРАТОВ

Большую группу компрессоров, насосов, холодильных машин в холодильных установках поставляют в полностью собранном виде, не требующими разборки при монтаже. В этих случаях после приемки фундаментов оборудование с помощью такелажных средств устанавливают на фундаменты и выверяют его в плане, по высоте и горизонтальности (вертикальности), а также относительно ранее установленного оборудования, контролируя соосность, перпендикулярность и параллельность в зависимости от требований технологической документации завода-изготовителя и ППР. Отклонения установленного оборудования от проектного положения не должны превышать допусков, указанных в заводской технической документации. Выверка, закрепление оборудования к фундаменту и его испытания описаны в гл. III.

1. МОНТАЖ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ

Монтаж горизонтальных центробежных поршневых и плунжерных насосных агрегатов начинают с установки плит или рам на фундамент и выверки их в плане, по высоте и горизонтали. Отклонения плиты (рамы) в плане и по высоте допускаются до ± 10 мм, а от горизонтали — 0,1 мм на 1 м длины плиты. Сборочные единицы насосных агрегатов устанавливают на общей раме или на отдельных рамах (рис. 87). Если горизонтальный насосный агрегат поступает на монтаж отдельными сборочными единицами, то в агрегатах без редуктора электродвигатель прицентровывают к выверенному и закрепленному на раме насосу. В агрегатах с редуктором насос и электродвигатель прицентровывают к выверенному и закрепленному редуктору. В агрегатах с трубоприводом насос прицентровывают к закрепленному трубоприводу, в агрегатах с гидромуфтой редуктор, насос и электродвигатель — к выверенной и закрепленной гидромуфте. При центровке насосных агрегатов с клиноременной передачей следят за тем, чтобы оси валов электродвигателя и насоса были параллельны, а канавки шкивов расположены без смещения относительно друг друга.

Монтаж горизонтального насосного агрегата с раздельными опорными плитами под насос и электродвига-



87. Насосные агрегаты

а — насос и электродвигатель на общей фундаментной раме; *б* — насос и электродвигатель, не имеющие общей фундаментной рамы; *в* — насос, редуктор и электродвигатель на общей фундаментной раме; *г* — насос, редуктор и электродвигатель, не имеющие общей фундаментной рамы; *д* — насос, редуктор, гидромуфта и электродвигатель, не имеющие общей фундаментной рамы; *1* — насос; *2* — электродвигатель; *3* — редуктор; *4* — гидромуфта

тель обычно начинают с установки на фундамент насоса вместе с опорной плитой или рамой, выверки его и прикрепления к фундаменту. После этого насос становится базой, к которой прицентровывают электродвигатель.

Горизонтальные насосные агрегаты на общей фундаментной плите-раме или раздельных плитах-рамах перед подливкой бетонной смесью выверяют по высотным отметкам относительно репера или насечки по высоте. Кроме того, проверяют положение насосного агрегата по осям в плане и в горизонтальной плоскости. Для этого натягивают горизонтально-продольные и поперечные струны. На натянутые и закрепленные продольные струны каждого насоса или группы насосов вешают отвесы таким образом, чтобы один отвес совпадал с центром всасывающего патрубка насоса и насечкой, нанесенной на фундаменте; второй отвес должен совпадать с осью электродвигателя и насечкой. Поперечную струну следует натягивать, если в цехе одновременно устанавливают два или несколько насосов в одном ряду. При этом отвесы, опущенные с поперечной струны, должны совпасть с центрами нагнетательных патрубков.

При монтаже насосов, работающих на горячих жидкостях, обязательно проверяют зазор в продольных шпонках и зазор между дистанционной втулкой и отверстиями в лапах насоса. Эти зазоры должны соответствовать зазорам, указанным в паспорте насоса.

При монтаже горизонтальных насосных агрегатов выполняют предварительную, а затем окончательную центровку валов по полумуфтам. Предварительную центровку производят линейкой и щупом или только щупом, а окончательную с помощью индикаторов (см. гл. III).

2. МОНТАЖ АППАРАТОВ

В холодильных установках большую группу составляют теплообменные аппараты — теплообменники, конденсаторы, испарители и др. В проектное положение их поднимают монтажными стреловыми кранами, эксплуатационными подъемными средствами: мостовыми кранами, кран-балками, талями, мачтами, шеврами, порталами и прочими такелажными средствами.

Схемы монтажа аппаратов, определяемые ППР, зависят от габаритов и массы аппаратов, характеристик грузоподъемных средств, расположения аппаратов на

территории установки, высоты фундаментов под аппарат и других факторов. Отклонения установленных аппаратов от проектного положения не должны превышать приведенных в табл. 14.

14. Допускаемые отклонения, мм, установленных аппаратов от проектного положения

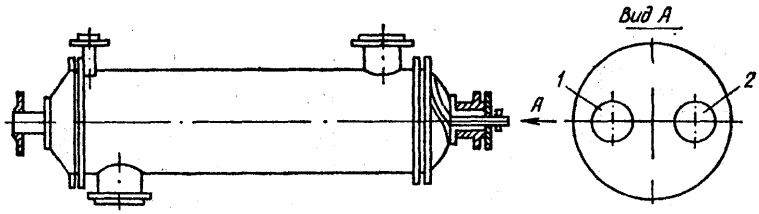
Смещение главных осей в плане . . .	20
Отклонение фактической высотной отметки установленного аппарата	10
Смещение оси вертикального аппарата от вертикали	0,003 высоты аппарата, но не более 35
Отклонение горизонтального аппарата (секции, звена) от горизонтали или заданного положения (уклона)	0,005 длины аппарата

Аппараты выверяют с помощью регулировочных винтов, установочных гаек, установочных домкратов, жестких опор, пакетов металлических подкладок. Технология выверки аппаратов аналогична описанной в гл. III.

Аппараты, поступающие на монтаж полностью собранными и испытанными на заводе-изготовителе, индивидуальным испытаниям не подвергаются. Исключение составляют случаи, когда в процессе транспортировки или монтажа аппараты получили повреждения, истекли гарантийные сроки хранения, а также если при монтаже аппаратов применяется сварка, пайка или вальцовка элементов, работающих под давлением.

Горизонтальные аппараты испытывают после установки их в проектное положение, вертикальные — до установки. При гидравлическом испытании трубного пространства одноходовых вертикальных аппаратов в горизонтальном положении с расположением штуцеров со стороны днищ воздух выходит через изогнутую трубку (рис. 88). О плотности заделок труб в трубных решетках можно судить по отсутствию течи воды во время испытания трубного пространства из нижнего штуцера межтрубного пространства.

При монтаже горизонтальных аппаратов подвижную опору в соответствии с проектом устанавливают на металлическую плиту либо непосредственно на бетонную поверхность подливки, выверенную на проектную отметку и тщательно выровненную с соблюдением горизонтальности. Между болтами и болтовыми пазами подвиж-



88. Схема установки трубки для выхода воздуха при гидравлическом испытании трубного пространства

1 — трубка для выхода воздуха; *2* — трубка для наполнения аппарата водой

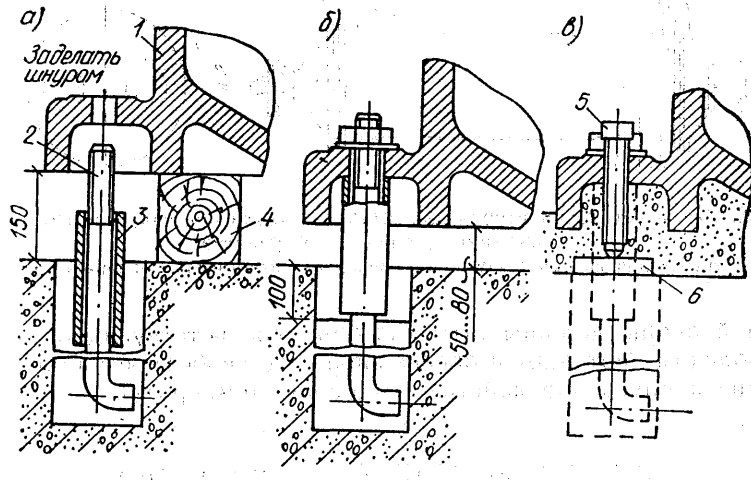
ной опоры должны быть зазоры, соответствующие заводским чертежам и обеспечивающие свободное удлинение корпуса под действием рабочих температур.

ГЛАВА VI. МОНТАЖ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ

Монтаж поршневых компрессоров холодильных установок с V- и W-образным расположением цилиндров несложен. Эти компрессоры устанавливают и выверяют на фундаментах, как и обычные аппараты. Наибольшую сложность представляет монтаж оппозитных горизонтальных компрессоров типа АО, ДАО, ДАОН, применяемых в аммиачных холодильных установках.

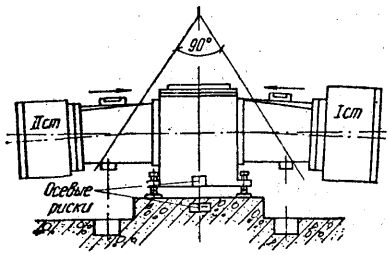
1. МОНТАЖ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ОППОЗИТНЫХ КОМПРЕССОРОВ

Оппозитный компрессор, поступивший в монтаж в полностью собранном виде, устанавливают на фундамент в такой последовательности. На принятый и подготовленный фундамент с уложенными подкладками под установочные винты укладывают деревянные брусья. Во все очищенные и подготовленные колодцы опускают обезжиренные фундаментные болты с установленными защитными трубками. Вместо защитных трубок можно верхнюю часть стержня болта обернуть толем и завязать проволокой. Компрессор стропуют (рис. 89) и опускают на уложенные брусья так, чтобы совпали центры отверстий в раме с центрами колодцев (рис. 90, *а*). Затем концы фундаментных болтов заводят в отверстия

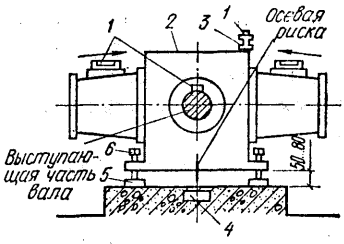


90. Последовательность установки оппозитного компрессора на фундамент

а . . *в* — установки; *1* — станина компрессора; *2* — болт; *3* — трубка; *4* — брус; *5* — винт; *6* — подкладка



89. Способ строповки оппозитного компрессора в собранном виде



91. Проверка уровнями установки базы на фундаменте

1 — уровень; *2* — база; *3* — контрольная линейка; *4* — планка с высотной и осевой насечками; *5* — подкладка; *6* — винт

рамы и наворачивают гайки. Компрессор приподнимают на 30...40 мм и удаляют деревянные брусья (рис. 90, *б*). Концами вывернутых установочных винтов компрессор устанавливают на уложенные подкладки (рис. 90, *в*). При этом проверяют правильность высотной отметки машины и совпадение осевых насечек на корпусе рамы

с насечками на планках, заделанных в фундаменте (рис. 91).

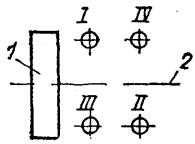
Колодцы с фундаментными болтами заливают бетонной смесью. После того как бетонная смесь затвердеет (через 7 сут), компрессор выверяют в горизонтальной плоскости брусковым уровнем с ценой деления 0,1 мм/м. Уровень устанавливают на консольном конце коленчатого вала, боковой стене рамы и платиках, на направляющих крейцкопфов.

Разница в показаниях уровней на направляющих не должна превышать одного деления уровня. При выверке базы компрессора направляющие крейцкопфов и цилиндры не должны иметь даже временных опор. В этом случае направляющие под тяжестью цилиндров имеют уклон на 1...3 деления вниз.

После выверки компрессора по уровням предварительно затягивают гайки фундаментных болтов в последовательности, приведенной на рис. 92. Для предотвращения деформации рамы предварительное затягивание фундаментных болтов производят средним усилием одного человека на плече ключа 0,5 м. При затягивании показания уровней не должны меняться более чем за 0,5 деления. После предварительного затягивания фундаментных болтов все гайки отворачивают на 1...2 оборота в обратном порядке и опять наворачивают как и в первый раз. Показания уровней не должны меняться более чем на 0,5 деления. Затем устанавливаются опоры под направляющими крейцкопфов (рис. 93). С помощью регулировочных винтов *4* в опоре и уровня, установленного на верхнем платике, добиваются положения направляющей в пределах, приведенных в формуляре завода-изготовителя. При выверке опоры контролируют плотность прилегания ее к направляющей. Пластинка щупа толщиной 0,03 мм не должна входить в разъем.

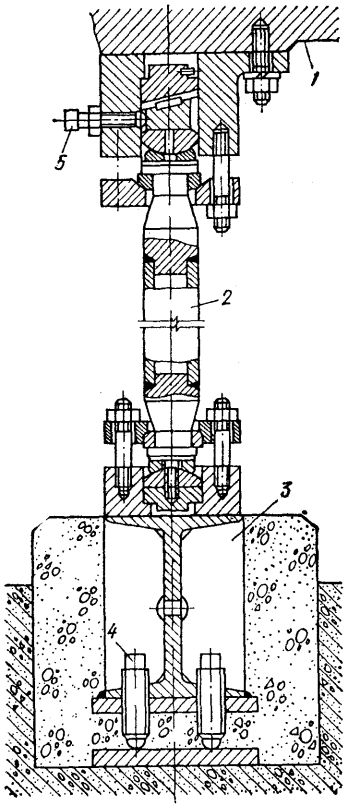
После установки и выверки опор под направляющими крейцкопфов устанавливают опору под цилиндром I ступени трубчатой или листовой конструкции (рис. 94, 95). Опору в собранном виде крепят к цилиндру, предварительно удалив регулировочные прокладки.

После одновременной подливки бетонной смесью рамы компрессора и опор направляющих и после 7-суточного твердения подливки устанавливают на место ранее вынутые регулировочные прокладки. Для удобства установки опоры цилиндра при монтаже следует в нижнем



92. Последовательность затяжки гаек фундаментных болтов оппозитного компрессора (*I* ... *IV*)

1 — электродвигатель; *2* — ось компрессора

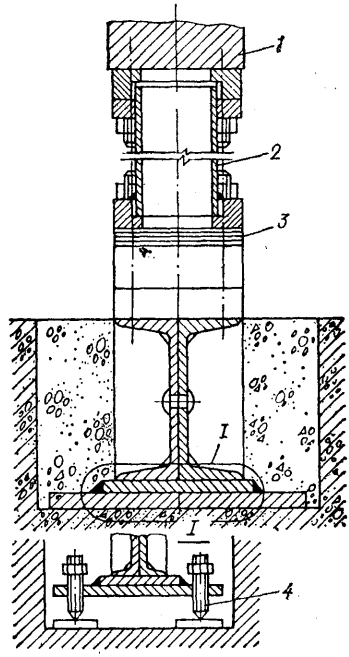


93. Шарнирная опора направляющей крейцкопфа

1 — направляющая; *2* — стойка шарнирной опоры; *3* — опора; *4, 5* — регулировочные винты

94. Трубчатая опора цилиндра

1 — цилиндр; *2* — стойка; *3* — набор регулировочных прокладок; *4* — регулировочные винты

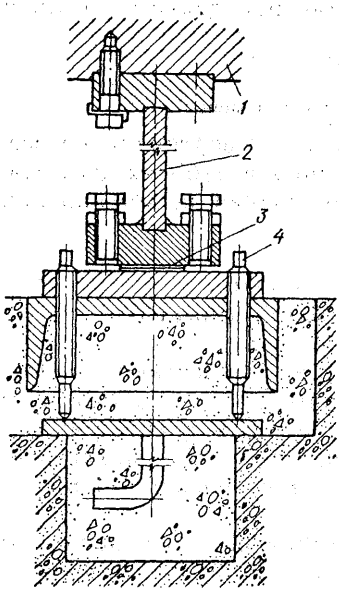


месте опоры просверлить и нарезать резьбу для четырех установочных винтов (см. рис. 94). В этом случае опору следует прикрепить к цилиндру и отрегулировать его положение в горизонтальной плоскости с помощью установочных винтов, не вынимая при этом регулировочных прокладок.

Электродвигатель поступает на монтажную площадку двумя поставочными блоками (неразъемный статор,

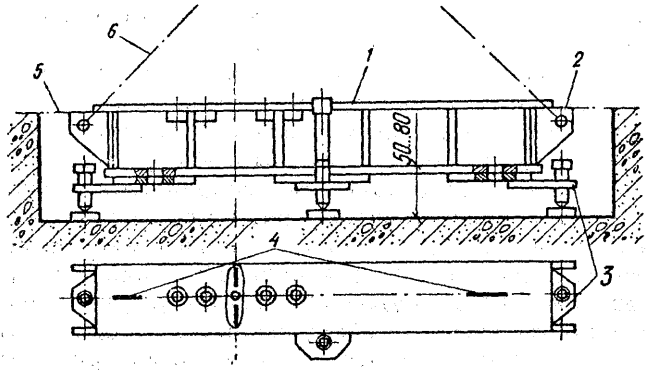
неразъемный ротор) и мелкими комплектующими деталями. На очищенный и тщательно осмотренный конец коленчатого вала с помощью специального приспособления, поставляемого заводом вместе с электродвигателем, насаживают ротор электродвигателя до упора в бурт на коленчатом валу. Во избежание проворачивания на валу ротор крепят двумя тангенциальными шпонками.

При посадке ротора на вал пазы под шпонки на валу компрессора должны совпасть с пазами на ступице ротора. Тангенциальные шпонки и пазы в валу и ступице тщательно осматривают и малейшую шероховатость зачищают наждачной бумагой. Шпонки должны плотно прилегать одна к другой без зазора. Плотность их прилегания



95. Листовая опора цилиндра
1 ... 4 — то же, что на рис. 94

96. Опорная балка под статор электродвигателя
1 — опорная балка статора; *2* — захватные устройства; *3* — косынки; *4* — риски; *5* — уровень подливки; *6* — строп



проверяют на краску. Между сложенными по клину шпонками пластинка щупа толщиной 0,03 мм проходить не должна. Обнаруженные зазоры устраняют шабровкой с проверкой по контрольной плите. Тангенциальные шпонки плотно забивают в пазы и ступицы ротора. Положение ротора на валу фиксируют специальными планками, которые плотно заходят в выточку на конце вала компрессора.

Перед насадкой ротора на коленчатый вал готовят и устанавливают на фундамент опорные балки под статор электродвигателя. Для удобства монтажа к опорным балкам статора следует также приварить косынки с установочными винтами, которые ускоряют монтажные. С помощью этих винтов устанавливают верхний и нижний зазоры между ротором и статором согласно указаниям завода-изготовителя. Величина зазора в верхней части статора должна быть меньше, чем в нижней. Уменьшение нижнего зазора относительно верхнего влечет за собой перегрузку консольного конца вала.

Оппозитные компрессоры — хорошо уравновешенные машины, при их работе не должно быть никаких вибраций. Одна из возможных причин вибрации рамы компрессора или кожуха электродвигателя — нарушение зазора между ротором и статором. В этом случае следует остановить компрессор и проверить правильность зазора. Опорные балки статора крепят к фундаменту болтами, колодцы которых заливают бетонной смесью одновременно с подливкой опорных балок статора.

2. МОНТАЖ МАСЛОСИСТЕМ, ПРИСОЕДИНЕНИЕ ТРУБОПРОВОДОВ

Маслосистемы готовят к монтажу и монтируют в соответствии с инструкцией предприятия-изготовителя. Маслопроводы, поступающие на монтаж не закрепленными на компрессоре, перед монтажом подвергают протравке.

Смонтированные маслопроводы должны быть герметичны. Плотность соединений системы смазки проверяют, промывая ее маслом от масляного насоса с индивидуальным приводом. Одновременно проверяют поступление масла ко всем смазываемым точкам. По окончании промывки проверяют чистоту масла и фильтрующих элементов масляных фильтров. В случае загрязнения

масло должно быть заменено, а фильтрующие элементы очищены.

Присоединяют трубопроводы к компрессорам в соответствии с инструкцией предприятия-изготовителя после выверки и окончательного закрепления компрессора на фундаменте. Внутренние поверхности всасывающих межступенчатых трубопроводов до установки очищают. Передача нагрузки от массы трубопроводов на патрубки компрессора не допускается.

При присоединении трубопроводов к компрессору по индикатору следят за тем, чтобы не произошла расцентровка агрегата. Фланцы присоединительного трубопровода должны быть параллельны, что достигается регулировкой опор трубопроводов и проверяется щупом.

3. ИСПЫТАНИЕ И СДАЧА КОМПРЕССОРОВ В КОМПЛЕКСНОЕ ОПРОБОВАНИЕ

Смонтированные компрессоры подвергают индивидуальным испытаниям вхолостую, а затем под нагрузкой. Их испытывают с системами автоматического управления, контроля, сигнализации и защиты, если эти системы предусмотрены проектом. До начала испытаний компрессора выполняют обкатку вхолостую отдельно электродвигателя до установления нормальной температуры подшипников, но не менее 2 ч. Компрессоры испытывают только при наличии актов и занесенных в монтажный формуляр замеров, свидетельствующих о качестве монтажа компрессора.

Первый пуск компрессора осуществляют обычно без клапанов. Перед пуском компрессора проверяют уровень масла в системе циркуляционной смазки и баке многоплунжерного насоса; пускают воду для охлаждения компрессора и масляного холодильника. Затем пускают в работу масляные насосы, если они имеют индивидуальные приводы. Для компрессоров, у которых привод насосов осуществляется от коленчатого вала, первоначальная подача масла к цилиндрам и сальникам осуществляется вращением вала многоплунжерного насоса вручную на 50...60 оборотов. Затем необходимо проверить подачу масла в каждую точку смазывания.

Первый пуск обычно осуществляется в следующем порядке. Нажав кнопку «Пуск», производят толчок ротора и коленчатого вала и сразу нажимают кнопку

«Стоп» — этим проверяется направление вращения коленчатого вала (как правило, вращение направлено по часовой стрелке, если смотреть на компрессор со стороны привода). Затем производят повторный пуск, доводят частоту вращения до номинальной и останавливают компрессор. При пуске компрессора надо внимательно следить за показаниями манометра системы циркуляционной смазки. Отсутствие стука и резкого шума во время работы машины является признаком исправной работы компрессора, а отсутствие дыма в картере свидетельствует о нормальной смазке всех трущихся поверхностей. Если в предыдущие пуски никаких дефектов не обнаружено, то компрессор следует вновь запустить на 5 мин, затем выключить и подождать 2...3 мин, пока с внутренних поверхностей машины стечет масло и тепло с трущихся поверхностей распространится вглубь. Коренные и кривошипные подшипники, если их проверять сразу после остановки компрессора, не показывают опасного нагрева, но нередко через некоторое время они нагреваются до температуры, значительно превышающей температуру окружающей среды, что указывает на неправильную сборку подшипников.

Испытание на холостом ходу. Проверив нагрев всех деталей, контролируют прочность крепления движущихся частей, а также сохранность шплинтов на шатунных болтах и гайках крейцкопфных пальцев. Если после 5-минутной работы компрессора не обнаружено никаких неполадок (стука, перегрева, резкого шума и пр.), то компрессор включают на 30 мин, после чего останавливают и осматривают. При отсутствии неполадок компрессор запускают на 1 ч, снова осматривают и при удовлетворительных результатах осмотра включают для беспрерывной работы в течение 8...10 ч. Часовое испытание на холостом ходу повторяют, если после первого часового испытания устранялись дефекты, связанные с разборкой и подгонкой сборочных единиц.

Перед последним запуском (на 8...10 ч) необходимо осмотреть масляный фильтр, очистить его от грязи и промыть керосином. Во время первых пусков компрессора сетки масляного фильтра засоряются особенно быстро, обычно через 1...1,5 ч работы. Засорение фильтра обнаруживается по падению давления подачи масла. После 8...10-часовой обкатки масло необходимо заменить чистым или хорошо отфильтрованным через мелкую сетку

и фланель и отстоявшимся, очистить маслосборники, корпуса фильтров и др.

Продувка. Для продувки трубопроводов и создания давления в системе категорически запрещается использовать аммиачный компрессор как источник подачи воздуха. Для подачи воздуха может быть использован отдельный специальный передвижной воздушный компрессор или другой источник, удовлетворяющий определенным требованиям. Продувка производится для удаления загрязнений в трубопроводах.

В холодильных установках с разветвленной системой трубопроводов рекомендуется проводить продувку участками. Поочередно на каждом продуваемом участке создают давление не более 0,5 МПа. Для более интенсивной продувки на нижней части и в конце каждого продуваемого участка устанавливают пробковый продувочный кран для выпуска воздуха при продувке системы и удалении загрязнений. Воздух, необходимый для продувки, поступает к продуваемым участкам по шлангу от отдельного воздушного компрессора, создающего давление 0,6...0,8 МПа и расположенного вблизи установки, при этом необходимо следить за тем, чтобы температура воздуха в компрессоре не превышала 100 °С. Нужное давление создают в несколько этапов. Компрессор периодически останавливают для того, чтобы он не перегревался.

Пусконаладочные испытания компрессора под нагрузкой. После холостой обкатки и продувки компрессор осматривают. Если никаких дефектов не обнаружено, начинают испытания компрессора под нагрузкой.

Газовые компрессоры испытывают воздухом или азотом. При этом необходимо учитывать соотношение плотностей воздуха и рабочего газа, на котором будет работать компрессор при эксплуатации. В зависимости от этого соотношения соответственно изменяют конечное давление при испытании, чтобы не допустить перегрузки компрессора и электродвигателя. Величина снижения давления указывается в инструкции. Дожимающие компрессоры допускается испытывать под нагрузкой при давлении всасываемого газа менее рабочего, при этом также необходимо пропорционально изменить конечное давление.

Превышение рабочего давления при испытании компрессора под нагрузкой не допускается — это может

привести к повреждению компрессора. На рабочих поверхностях цилиндров не должно быть задиров. При испытаниях азотом работу ведут по замкнутому кольцу через трубопровод байпасной линии, воздух выбрасывают в атмосферу.

Нагружают компрессор в несколько этапов, повышая давление и увеличивая время работы компрессора на этом давлении (указывается в инструкции на компрессор). При работе на всех режимах необходимо контролировать: работу сальников, клапанов, штоков; давление и температуру газа по ступеням; давление и подачу воды ко всем местам, предусмотренным конструкцией компрессора; работу системы циркуляционной смазки; температуру коренных подшипников и остальных трущихся поверхностей кривошипно-шатунного механизма; температуру в обмотках электродвигателя; работу системы смазки цилиндров и сальников; плотность газопровода, водопровода и других трубопроводов; появление ненормальных стуков и шумов.

Под наблюдением должны находиться все межступенчатые аппараты и трубопроводы, так как при их работе под нагрузкой могут возникнуть вибрации, связанные с пульсацией потока сжатого воздуха или азота. Вибрации устраняют установкой дополнительных опор и подвесок, изменением профиля отводов.

После доведения нагрузки до максимальной и устранения всех неполадок, выявленных ранее, компрессор пускают на непрерывное испытание под полной нагрузкой, длительность которого оговаривается инструкцией.

В журнале необходимо вести запись о работе компрессора и регистрировать основные параметры в течение всего испытательного периода.

Ревизия компрессора. По окончании испытания под нагрузкой основные сборочные единицы компрессора подвергают ревизии для проверки приработки трущихся деталей. Попутно устраняют выявленные дефекты. Ревизии подвергают всасывающие и нагнетательные клапаны, рабочие поверхности цилиндров, поршни и поршневые кольца, штоки и их сальники, масляные фильтры грубой и тонкой очистки. Одновременно проверяют качество масла после непрерывного испытания. Отработанное масло чаще всего заменяют, при этом очищают картер или маслосборник.

15. Основные неисправности компрессора, причины и способы их устранения

Неисправность	Возможные причины	Способ устранения
Уменьшение производительности компрессора	Неплотности в клапанах, неисправна система регулирования	Вынуть клапан, проверить его и очистить. Проверить поступление воздуха в полость над мембраной каждого байпаса, притереть клапан байпаса к седлу
	Засорились фильтры, неплотности в сальниках, износ поршневых колец	Прочистить фильтры, провести ревизию сальников, заменить кольца
Стук в компрессоре	Ослабление болтов в головке шатуна, увеличенные зазоры в подшипниках	Подтянуть болты, проверить зазоры в подшипниках
Стук в цилиндре компрессора	Ослабление нажимного фонаря в клапанах	Подтянуть болты
	Неплотная посадка байпаса на седле	Проверить работу электромагнитных клапанов, а также герметичность соединений на подводящих трубопроводах
	Недостаточная величина вредного линейного пространства	Отрегулировать величину вредного пространства с помощью дистанционной шайбы или заменить прокладки между цилиндрами с крышкой
	Сработались поршневые кольца. Попадания в цилиндр куска поломанной детали или просачивание воды из рубашек	Заменить сработанные кольца новыми. Немедленно остановить компрессор и, разобрав его, устранить причину стука
	Ослаблена поршневая гайка	Остановить компрессор, подтянуть поршневую гайку
Нагрев цилиндра, крышек компрессора сверх нормы	Недостаточная подача воды или вода попадает слишком теплой	Увеличить подачу воды, снизить ее температуру. Проверить трубопровод, подводящий воду в рубашки цилиндров, а также подачу воды в промежуточный холодильник
	Неисправны клапаны	Проверить состояние клапанов

Продолжение табл. 15

Неисправность	Возможные причины	Способ устранения
Стук в направляющих и нагрев их	Велики зазоры между ползунами крейцкопфа и направляющими	Заменить ползуны крейцкопфа
	Недостаточно смазки или масло загрязнено	Проверить и отрегулировать подачу смазки. Сменить масло. Проверить масляный насос
Стук в механизме движения	Ослабление коренных подшипников, недостаточная подача смазки	Остановить компрессор и проверить зазоры между шейками и вкладышами. Отрегулировать подачу смазки
Увеличение давления нагнетания I ступени	Неисправность всасывающих клапанов II ступени	Проверить состояние клапанов
	Неисправность нагнетательных клапанов II ступени	То же
Падение давления нагнетания I ступени	Неисправность нагнетательных клапанов I ступени	»
Аналогично для других ступеней нагнетания	Неисправность всасывающих клапанов I ступени	»
Повышение конечного давления нагнетания	Предохранительный клапан не поднимается на достаточную высоту	Отрегулировать предохранительный клапан
	Не работает система регулирования	Проверить работу системы регулирования
Масляный насос не создает давления	Неплотность во всасывающем маслопроводе — подсос воздуха	Устранить неплотность
	Мало масла в картере, забит фильтр	Долить масло, прочистить фильтр
Отсутствует подача смазки в цилиндры и сальники	Неисправен плунжерный насос	Устранить неисправность насоса и обратных клапанов. Прокачать трубопровод вхолостую
	Неисправен обратный клапан. Забит трубопровод	

Проверяют коренные и шатунные подшипники. Обычно вскрывают не все подшипники, а лишь их часть, нагрев которых при работе был наибольшим. При неудовлетворительном состоянии вскрытых подшипников скрывают овальные.

После ревизии компрессор собирают особенно тщательно, чтобы не нарушить пригонку частей и зазоров, достигнутую в процессе приработки. На вкладышах подшипников нужно сшабрить и зачистить небольшие местные натиры и утолщения баббита по краям вкладышей без общей шабровки всей поверхности. Правильность сборки компрессора, подвергавшегося ревизии, проверяют воздухом или азотом на том же режиме, при котором проводили непрерывное испытание. Продолжительность работы компрессора должна быть не менее 2 ч. Сдачу компрессора в эксплуатацию оформляют актом.

При обкатке компрессора вхолостую и под нагрузкой могут возникнуть неисправности, причины и способы устранения которых приведены в табл. 15.

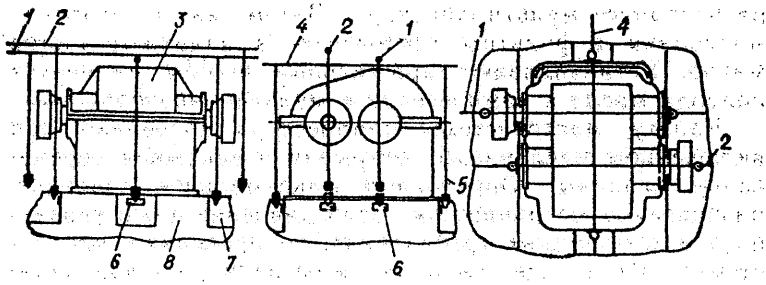
ГЛАВА VII. МОНТАЖ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ КОМПРЕССОРНЫХ МАШИН

Компрессоры, независимо от числа корпусов и мультипликаторов (редукторов) в компрессорной установке, монтируют последовательно, начиная с мультипликатора, который выверяют и закрепляют на фундаменте в первую очередь и принимают за базу.

Ниже описана технология монтажа наиболее распространенной компрессорной установки: компрессор-мультипликатор-электродвигатель, поставляемых в монтаж опломбированными, но не имеющих общей фундаментной рамы или плиты.

1. МОНТАЖ МУЛЬТИПЛИКАТОРА, ПОСТУПИВШЕГО НА ПЛОЩАДКУ В СОБРАННОМ ВИДЕ

Мультипликаторы, поставляемые в опломбированном виде, устанавливают и выверяют на регулировочных винтах или инвентарных домкратах. Мультипликатор, доставленный к месту монтажа, устанавливают на шпальную выкладку высотой 500...700 мм для осмотра



97. Проверка установки мультипликатора по осевым отметкам

1 — струна (ось турбокомпрессора); *2* — струна (ось электродвигателя); *3* — мультипликатор; *4* — струна (ось мультипликатора); *5* — отвес; *6* — планка с осевыми и высотными насечками; *7* — банка с машинным маслом; *8* — фундамент

его опорной поверхности и удаления консервирующего покрытия, возможных повреждений или следов коррозии. Очищенную поверхность промывают керосином или соляровым маслом и насухо вытирают. Необработанную поверхность мультипликатора, которая будет соприкасаться с бетонной подливкой, очищают железными щетками. Если опорная поверхность окрашена, краску полностью удаляют.

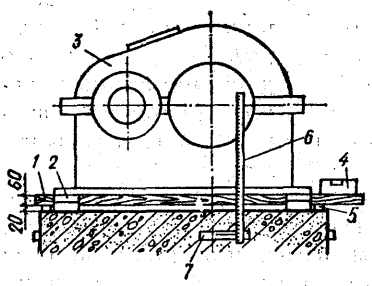
Подготовленный мультипликатор устанавливают на фундамент и в отверстия опорной части заводят фундаментные болты, надевают анкерные плиты и завертывают, не затягивая, гайки. После этого на высоте около 200 мм относительно крышки мультипликатора натягивают струну 1 (рис. 97) диаметром 0,3...0,5 мм по оси шестерни мультипликатора и ротора турбокомпрессора, а струну 2 — по оси колеса мультипликатора и ротора электродвигателя. Натянутые струны должны быть параллельны между собой, для чего один отвес, подвешенный к струне и опущенный на фундамент, должен совпадать с центром выступающего конца вала шестерни (с насаженной муфтой) и с насечкой на планке, заделанной в тело фундамента. Второй отвес должен совпадать с центром выступающего конца вала колеса (с насаженной муфтой), а также с насечкой на планке, заделанной в тело фундамента.

Чтобы мультипликатор не смещался в сторону компрессора или электродвигателя, что в дальнейшем может усложнить монтаж последующих сборочных единиц агрегата, по продольной оси мультипликатора натягива-

ют струну *4*. Отвесы, подвешенные к этой струне, должны пройти через продольную ось корпуса и совпасть с осевыми насечками на планках, заделанных в тело фундамента. Смещение взаимно перпендикулярных осей мультипликатора относительно осей фундамента допускается только параллельное и не должно превышать 10 мм.

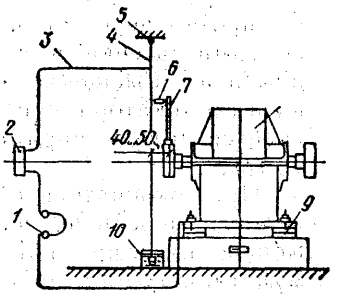
При окончательной установке мультипликатора в первую очередь проверяют его высотную отметку с помощью нивелира или путем измерения расстояния от мультипликатора до насечки на планке, заделанной в тело фундамента (рис. 98). Отклонение не должно превышать ±3 мм от проектной отметки. Горизонтальность мультипликатора проверяют уровнем с ценой деления 0,1 мм на 1000 мм, который устанавливают на специальную обработанную площадку на крышке мультипликатора поочередно в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Уклон мультипликатора в сторону компрессора или электродвигателя и в направлении, перпендикулярном продольной оси его, не должен превышать одного деления уровня.

Положение высотной отметки мультипликатора и его горизонтальность регулируют регулировочными винтами или инвентарными домкратами. Ввиду того, что к горизонтальности установленного мультипликатора в плоскости, перпендикулярной его валам, предъявляют высокие требования (особенно при монтаже многокорпусных агрегатов), рекомендуется проверять горизонтальность мультипликатора электроакустическим способом со струной и штихмассом (рис. 99). На расстоянии 40...50 мм от торцовой плоскости муфты необходимо опустить струну диаметром 0,3 мм, один конец которой нужно закрепить к специальному приспособлению на изоляторе, а второй с подвешенным грузом (1 кг) опустить в ведро, заполненное машинным маслом. Затем один конец электрического осветительного шнура, присоединенного к батарейке от карманного фонаря (3,8...4,6 В), надо подключить к опущенной струне, а второй — к приспособлению, закрепленному на ступице полумуфты. Приспособление устанавливают в верхнее положение и с помощью штихмасса замеряют расстояние между ним и струной. Аналогичный замер делают после поворота вала с полумуфтой на 180° в нижнее положение. Разность полученных замеров даст фактическое отклонение



98. Проверка горизонтальности и высотной отметки мультипликатора

1 — рейка; *2* — клинья; *3* — мультипликатор; *4* — брусковый уровень; *5* — подкладка; *6* — линейка; *7* — скоба с высотной и осевой насечками

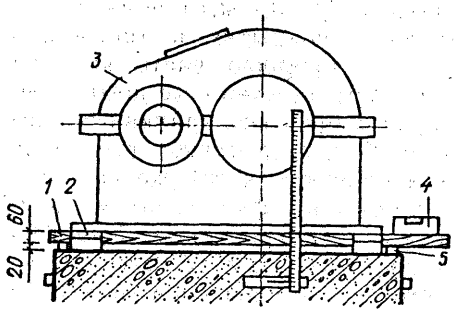


99. Проверка горизонтальности мультипликатора электроакустическим способом

1 — наушники; *2* — батарейка; *3* — шнур осветительный; *4* — струна с отвесом; *5* — изолятор; *6* — штихмасс; *7* — приспособление; *8* — мультипликатор; *9* — клинья; *10* — ведро

мультипликатора от горизонтали. Для удобства подсчета уклона длина приспособления делается равной половине расстояния между центрами подшипников мультипликатора.

Чтобы получить точные замеры, в электроакустическую цепь включают наушники. При замыкании цепи прикосновением штихмасса к струне и приспособлению в наушниках слышен легкий треск, который будет минимальным при наибольшей точности центровки. Перед обтяжкой гаек анкерных болтов для полного закрепления мультипликатора следует проверить плотность прилегания регулировочных винтов к опорным пластинам или опорной плоскости мультипликатора к инвентарным домкратам щупом толщиной 0,05 мм, который не должен входить в стык сопрягаемых поверхностей. Чтобы убедиться в том, что закрепленный редуктор не испытывает деформирующих нагрузок от неравномерной затяжки гаек фундаментных болтов, производят контрольную проверку (рис. 100). На четырех углах на расстоянии 150... 200 мм от каждого болта устанавливают индикаторы. Наконечники их измерительного прибора упирают в поверхность опорной части корпуса. Затем отвинчивают все гайки на один оборот, наблюдая при этом за положением стрелок индикаторов, которые не должны менять показаний более чем на 0,03 мм каждая. Если показания



100. Проверка индикатором равномерности затяжки болтов

1 — фундамент; *2* — клинья; *3* — болт анкерный; *4* — индикатор со штативом; *5* — мультипликатор

индикаторов будут выше приведенного допуска, то необходимо провести дополнительную регулировку регулировочными винтами или инвентарными домкратами. Эта проверка имеет важное значение, так как перекос в результате неравномерной затяжки болтов может вызвать ненормальную работу не только подшипников, но и зубчатой пары.

Мультипликатор, выверенный и закрепленный, подливают бетонной смесью. Вышеприведенная выверка мультипликатора по осевым и высотным отметкам производилась одновременно с обтяжкой гаек анкерных болтов. В том случае, когда фундаментные болты устанавливают в колодцы, производят предварительную выверку мультипликатора, затем подливают колодцы фундаментных болтов бетонной смесью и после набора ею необходимой прочности аналогично окончательно выверяют мультипликатор.

2. МОНТАЖ МУЛЬТИПЛИКАТОРА ПОСЛЕ РЕВИЗИИ

В том случае, когда по условиям завода-изготовителя требуется разборка, расконсервация и ревизия оборудования турбокомпрессорного агрегата, работы ведут следующим образом.

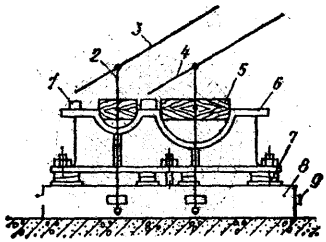
Перед началом монтажа агрегата производят расконсервацию оборудования: турбокомпрессора, мультипликатора, зубчатых муфт, системы смазки. Для расконсервации применяют керосин, бензин Б-70 (неэтилированный), четыреххлористый углерод, этиловый спирт и другие растворители. Одновременно с расконсервацией проводят ревизию сборочных единиц турбокомпрессора и мультипликатора. Нижнюю часть корпуса мультипликатора перед установкой на фундамент устанавливают на

шпальную выкладку на высоте 0,5...0,7 м от пола, после чего удаляют консервирующие покрытия и тщательно осматривают. Подготовленную нижнюю часть корпуса мультипликатора устанавливают на клиновые домкраты, заранее уложенные на фундамент. Устанавливают анкерные или фундаментные болты, а также выверяют мультипликатор по осевым отметкам в той же последовательности, что при установке на фундамент мультипликатора, поступившего в опломбированном виде. Отвесы, опущенные с проволок, натянутых по осям, должны совпадать с осями расточек постелей подшипников и с насечками на планках, заделанных в тело фундамента (рис. 101).

При установке разобранного мультипликатора способ проверки его горизонтальности проще. Горизонтальность нижней части мультипликатора проверяют брусковым уровнем 200—0,1, установленным на разъем стыковой поверхности или контрольную линейку. Результативным считается средний замер, полученный из двух показаний уровня, установленного на одно и то же место линейки или стыковой поверхности при повороте его на 180°.

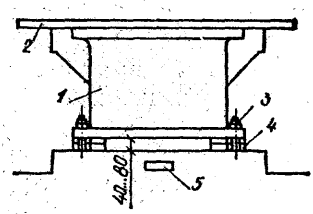
Допустимый уклон закрепленной нижней части мультипликатора в сторону компрессора или электродвигателя, а также в любую из сторон перпендикулярно осям шестеренной пары аналогичен допускам, приведенным при установке опломбированного мультипликатора. После проверки горизонтальности нижней части млуьтипликатора окончательно крепят его к фундаменту. При затяжке гаек анкерных болтов на все четыре стороны разъема устанавливают брусковые уровни с ценой деления 0,1 мм/м, показания которых при затягивании болтов меняться не должны.

Высотную отметку мультипликатора проверяют по стыковой поверхности корпуса, для чего вдоль корпуса на стыковую поверхность устанавливают контрольную линейку (рис. 102). Замер делают от концов линейки до высотных отметок, нанесенных на планки, заделанные в тело фундамента. Отклонение от проектной отметки не должно превышать ± 5 мм. После закрепления нижней части корпуса мультипликатора устанавливают нижние вкладыши подшипников, проверяя прилегание их к расточкам в корпусе на краску. Краска должна быть равномерно расположена и составлять не менее шести пятен касания на квадрате 25×25 мм. Подшипники скольже-



101. Проверка установки нижней части корпуса мультипликатора по осям

1 — уровень; *2* — отвес; *3* — струна, натянутая по оси компрессора; *4* — струна, натянутая по оси двигателя; *5* — доска с размеченным центром; *6* — нижняя часть корпуса мультипликатора; *7* — клиновые домкраты; *8* — фундамент; *9* — скоба с высотной насечкой



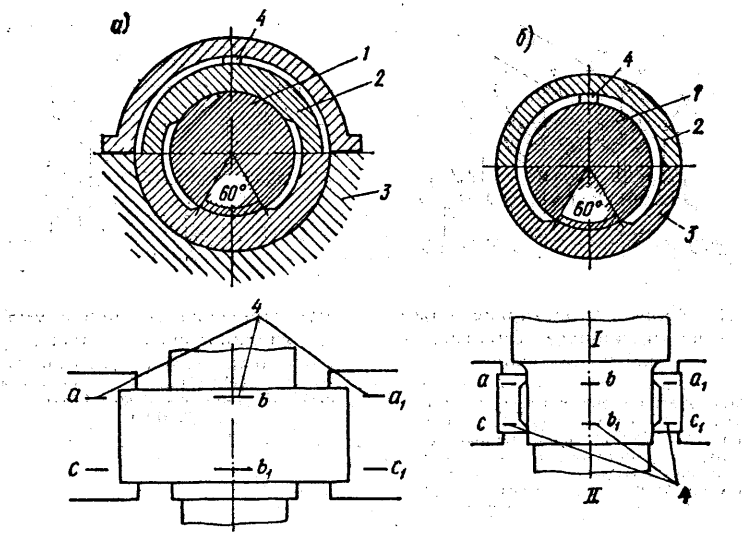
102. Проверка установки мультипликатора по разъему

1 — нижняя часть мультипликатора; *2* — линейка; *3* — болт анкерный; *4* — клиновые домкраты; *5* — планка

ния не должны иметь забоин, трещин, отслоений и выкрашиваний на баббитовом слое вкладышей.

Перед укладкой зубчатой пары осматривают шевронные зубья шестерен, проверяя, нет ли на них поломанных зубьев, трещин, отслоений частиц металла. Осматривают и обмеряют валы шестерни и колеса, пользуясь измерительной лупой, штангенглубиномером и микрометром. При наличии на шейках вала неглубоких рисок их удаляют, полируя вал шлифовальной шкуркой или войлоком с пастой ГОИ. Если глубина рисок превышает 0,2 мм, шейку вала протачивают и изготовляют новые вкладыши. Уменьшение диаметра шейки вала после проточки и шлифовки допускается не более 3% проектной величины. Овальность и конусность шеек должна быть в пределах 0,02...0,03 мм.

Валы и шестерни осматрвают, выявляя трещины в деталях. Особенно тщательно проверяют места наибольшей концентрации напряжений (переходы от одного сечения вала к другому, шпоночные пазы). После осмотра и устранения дефектов укладывают в корпус редуктора зубчатую пару и замеряют зазоры в подшипниках и зубчатом зацеплении зубчатой муфты. Шейки вала должны прилегать к вкладышам подшипников по дуге, равной 90°. Боковой зазор в зацеплении должен быть в пределах 0,4...0,6 мм, допустимый осевой зазор в подшипни-



103. Укладка свинцовых проволочек для проверки натяга крышки подшипника (*а*) и зазора между вкладышем и шейкой вала (*б*)
1 — вал; *2, 3* — вкладыши; *4* — проволочки

ках — 0,2...0,4 мм. В случае выхода зазоров за допустимые пределы заменяют вкладыши подшипников новыми с переукладкой зубчатой пары. Затем устанавливают верхние вкладыши и крышки подшипников. Между крышкой и корпусом подшипников при слегка отжатой крышке замеряют зазор (натяг), который должен быть равен 0,03...0,05 мм. Зазор определяется как разность между толщинами полученных свинцовых оттисков по разъему крышки и на вкладыше (рис. 103). Затем замеряют радиальный зазор между верхним вкладышем подшипника и шейкой вала; он должен быть в пределах 0,13...0,18 мм на быстроходном валу; 0,18...0,22 мм — на тихоходном валу.

Проверяют зазоры следующим образом. Поочередно на каждую шейку вала в двух местах поперек оси и на разъем нижнего вкладыша в четырех местах укладывают свинцовую проволочку диаметром 1...1,5 мм. Накрывают верхний вкладыш; свинцовой кувалдочкой или небольшим молотком через медную или алюминиевую пластинку наносят по центральной части верхнего вкла-

дыша несколько легких ударов. Снимают верхний вкладыш и микрометром замеряют оттиски. Подсчет следует вести по формулам:

сторона шейки I: $A=b-(a+a_1)/2$;
сторона шейки II: $C=b_1-(c+c_1)/2$,

где A и C — величины верхнего зазора, мм; a, a_1, b, b_1, c, c_1 — величины свинцовых выжимок, мм.

При получении неодинакового верхнего зазора (о чем судят по величинам A и C) следует пришабровкой соответствующих мест вкладыша добиться равномерного зазора по всей длине вкладыша с допуском 0,05 мм для вкладышей диаметром до 90 мм; 0,07 мм — для вкладышей диаметром до 150 мм и 0,10 мм — для вкладышей диаметром до 300 мм. При малом верхнем зазоре или отсутствии такового разрывается масляная пленка, при большом зазоре нарушается масляный клин. И то, и другое ухудшает работу подшипников.

Затем проверяют правильность зацепления шестерен. Несколько зубьев покрывают тонким слоем краски, после чего проворачивают шестерни. Если следы краски равномерно покрывают по всей длине не менее 80% поверхности зуба и не менее 45% высоты зуба, то зацепление считается удовлетворительным.

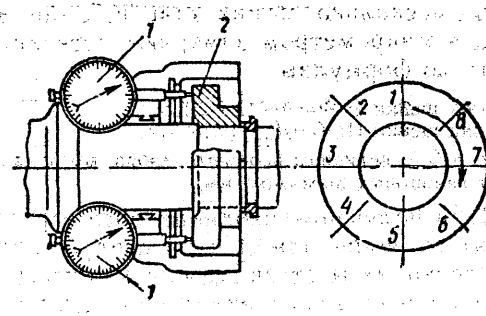
Далее контрольной линейкой проверяют плоскостность разъема мультипликатора. Щуп толщиной 0,05 мм не должен проходить между плоскостью разъема мультипликатора и контрольной линейкой. Затем укладывают на плоскость разъема прокладку и устанавливают верхнюю крышку мультипликатора, монтируют рабочий маслонасос и торцовую крышку-заглушку.

3. МОНТАЖ ТУРБОКОМПРЕССОРА

Монтаж начинают с установки нижней части корпуса турбокомпрессора на регулировочные устройства, с помощью которых корпус выверяют в плане и по высоте.

Ротор перед установкой в корпус тщательно осматривают. Подшипники скольжения не должны иметь забоин, трещин, отслоений, выкрошиваний в баббитовом слое вкладышей. Вкладыши подшипников должны плотно прилегать друг к другу и к соответствующим расточкам в корпусах. Прилегание при проверке на краску должно быть равномерно распределенным и составлять не менее 10 пятен в квадрате 25×25 мм.

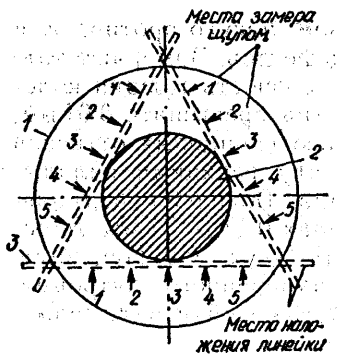
Осматривают и обмеривают ротор турбокомпрессора, пользуясь измерительной лупой, штангенглубиномером и микрометром. При наличии на шейках вала рисок выясняют и устраняют причины их возникновения. Неглубокие риски полируют шлифовальной шкуркой или войлоком с пастой ГОИ. Если глубина рисок превышает 0,2 мм, шейку вала протачивают и изготовляют новые вкладыши. Биение на шейках вала ротора не должно быть более 0,02 мм, по остальным поверхностям ротора — не более 0,4 мм, по торцу упорного диска — не более 0,01 мм на диаметре 120 мм.



104. Проверка торцевого биения упорного диска
1 — индикатор; *2* — упорный диск

Рабочую поверхность упорного диска на биение проверяют двумя индикаторами, закрепленными на плоскости разъема около диска с двух диаметрально противоположных его сторон (рис. 104). Упорный диск делят на 8 равных частей и, медленно поворачивая ротор, записывают показания индикаторов во всех 8 точках. Величина биения будет равна половине алгебраической разности показаний индикаторов, расположенных на одном диаметре. Для проверки конусности на поверхность накладывают упорный диск и линейку (рис. 105) и замеряют зазоры щупом. Величина зазора между линейкой и поверхностью диска не должна превышать 0,02 мм.

Устанавливают нижние вкладыши подшипников в корпус компрессора и на них монтируют ротор. Шейка вала ротора должна прилегать к нижним вкладышам подшипника по дуге, равной 90°. При проверке прилегания на краску шеек вала ротора к вкладышам на квадрате 25×25 мм должно быть не менее 10 пятен касания. Затем устанавливают верхние вкладыши подшипников. Проверяют радиальный зазор между верхним вкладышем подшипника и шейкой вала. Устанавливают крышки подшипников и замеряют натяг между крышками и корпусами подшипников. Осматривают и обмеряют де-



105. Проверка конусности упорного диска
1 — упорный диск; *2* — вал; *3* — линейка

тали сальника, особое внимание обращают на состояние резиновых уплотнительных шнуров. Проверяют равномерность бокового зазора в лабиринтах. При необходимости отцентровывают диафрагмы, переставляя регулировочные прокладки под противоположными пружинами диафрагм. Не допускается изменять общее число прокладок под противолежащими пружинами и натяг пружин. Величина зазора должна соответствовать данным формуляра.

Ленточным щупом шириной 2 мм в местах горизонтального разъема корпуса с обеих сторон проверяют зазоры между торцами вращающихся деталей ротора и корпуса, которые должны соответствовать данным формуляра. На горизонтальный разъем корпуса ставят паронитовую прокладку и устанавливают на место крышку турбокомпрессора. При установке следят за тем, чтобы крышка свободно скользила по направляющим шпилькам. Завинчивают гайки на болтах, крепящих крышку к корпусу турбокомпрессора. Затем монтируют переднюю крышку корпуса, сальник, зубчатую муфту, электродвигатель и производят центровку по полумуфтам мультипликатора, компрессора и электродвигателя.

4. РАЗБОРКА И СБОРКА СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ АГРЕГАТОВ АТКА

Разборка и сборка радиально-упорного и радиально-опорного подшипников турбокомпрессора. Разборку радиально-упорного подшипника начинают со снятия крышки, отвинчивая болты, крепящие крышку. Затем отвинчивают гайки четырех болтов повышенной точности, соединяющих вкладыши между собой. Болты выбивают латунной выколоткой и снимают верхний вкладыш. Вынимают нижний вкладыш, приподняв ротор. Отвинчивают винты, крепящие масляные ловушки, снимают упорные сегменты и упорные кольца. Детали подшипни-

ка промывают дизельным топливом, насухо протирают и осматривают для обнаружения дефектов. Замеряют толщину упорных колодок, при этом разность толщин колодок на среднем диаметре не должна превышать 0,01 мм, а общий износ 0,2 мм. С помощью свинцовых оттисков замеряют радиальный зазор между верхними вкладышами подшипника и шейкой вала. Величина радиального зазора должна быть в пределах 0,17...0,24 мм. Можно определять зазор как разность двух замеров: внутреннего диаметра подшипника, замеренного нутрометром индикаторного типа, и диаметра шейки вала, замеренного микрометром.

При увеличенном радиальном зазоре между вкладышем и валом его подгоняют, обрабатывая шабровкой плоскости разъема подшипника. Обработку поверхности проверяют по контрольной плите. Затем собирают нижний вкладыш с упорными колодками и масляными ловушками и, приподняв ротор, закатывают нижний вкладыш подшипника на место. Проверяют совпадение маслоподводящих каналов, устанавливают верхний собранный с упорными колодками вкладыш подшипника и стягивают оба вкладыша призонными болтами.

Натяг крышки подшипника регулируют путем установки под верхний сухарь прокладок из фольги. Он должен быть 0,03...0,05 мм.

Разборку радиально-опорного подшипника начинают со снятия верхней крышки, для чего отвинчивают гайки на крепежных болтах. Снимают верхний вкладыш и, приподняв ротор, выкатывают нижний вкладыш. Все детали подшипника промывают, насухо вытирают и проверяют на наличие дефектов.

Верхний и нижний вкладыши должны прилегать друг к другу и к соответствующим расточкам в корпусе таким образом, чтобы при проверке на краску контакт составлял не менее 6 пятен касания на квадрате 25×25 мм. Затем замеряют радиальный зазор между верхнем вкладышем и шейкой вала. Устанавливают на место собранный нижний вкладыш при поднятом роторе турбокомпрессора и проверяют совпадение маслоподводящих каналов. Верхний вкладыш устанавливают на место и затягивают крепежные болты. Натяг крышки подшипника регулируют, устанавливая под верхний сухарь прокладки из фольги. Натяг подшипника должен быть 0,03...0,05 мм.

Проверка состояния торцового уплотнения турбокомпрессора. Для этого отвинчивают гайки на шпильках, крепящих корпус торцового уплотнения к корпусу турбокомпрессора, и снимают корпус торцового уплотнения вместе с крышкой сальника, неподвижным кольцом, пружинами и плавающим подшипником. Затем снимают графитовое кольцо, ведущую втулку с уплотнительной втулкой. Разбирают плавающий подшипник, вынимают неподвижное кольцо с обоймой и пружинами. Осматривают детали торцового уплотнения. На уплотнительных поверхностях графитовых и стальных колец не должно быть рисок, царапин и трещин.

Допускаются штрихи неопределенного направления не более трех на длине 1 см, но не более 10 на всей поверхности кольца. Глубина штрихов на стальных кольцах допускается не более 0,2 мм, на графитовых — не более 0,4 мм. Допустимый максимальный износ графитового кольца 6 мм.

Резиновые уплотнительные кольца должны быть в поперечном сечении круглыми, не иметь трещин, надрывов и надрезов. Трущиеся стальные кольца притирают на плите с пастой ГОИ, графитовые кольца — на сухой чугунной плите, промытой бензином, без какого-либо порошка или пасты. Собирают сальник в обратном порядке.

Разборка и сборка зубчатых муфт «мотор-мультипликатор» (см. рис. 36). Разборку начинают с отвинчивания болтов, крепящих торцовой фланец к корпусу турбокомпрессора. Затем отвинчивают гайки на болтах *9* горизонтального разъема кожуха муфты. Снимают кожух муфты вместе с форсунками и маслопроводами. Отвинчивают болты *5*, соединяющие обоймы *13* и *14* с проставкой. Снимают обоймы *13* и *14* и осматривают зубья обойм и шестерен. Собирают муфты в обратном порядке.

Разборка и сборка зубчатой муфты быстроходной (см. рис. 37). При разборке отвинчивают гайки на болтах *3* и снимают кожух муфты. Отвинчивают гайки горизонтальных болтов, крепящих полумуфты к основаниям муфты. Легкими ударами деревянной выколотки выбивают призонные болты. Разбирают форсунку и снимают маслопровод, после чего сдвигают полумуфты с буртом оснований муфты, поддерживая рукой промежуточный вал-шестерню. Промежуточный вал с полумуфтами де-

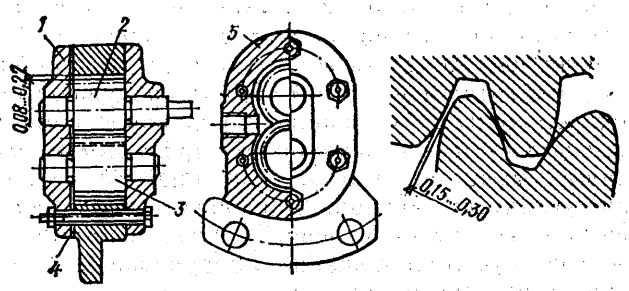
монтируют. Затем осматривают зубчатое зацепление, обращая внимание на износ поверхностей зубьев, отсутствие на них трещин и выкрошиваний.

При установке зубчатой муфты проверяют по краске плотность прилегания полумуфт к конусам вала компрессора и быстроходного вала мультипликатора. Плотность прилегания должна быть не менее 85%. Полумуфты перед окончательной сборкой нагревают до 120... 150°С в масляной ванне и в нагретом состоянии насаживают на конусы валов. Затем вставляют в промежуточный вал *2* упора и пружины, надевают на промежуточный вал-шестерню с двух сторон полумуфты и ставят на место полукольцо и замок. Закрепляют полумуфты на основаниях муфт призонными болтами, собирают маслопровод и форсунку. Щупом проверяют зазоры и зацепления, которые должны соответствовать чертежам. Завинчивают гайки призонных болтов и устанавливают кожух.

Разборка и сборка шестеренных маслонасосов (см. рис. 38). Отсоединяют маслопроводы, корпус насоса от редуктора, отвинчивают болты крепления и конические штифты, снимают переднюю крышку маслонасоса с прокладкой из промасленной бумаги. Вынимают ведущую и ведомые шестерни. Осматривают шестерни, втулки, крышку и корпус маслонасоса кулачковой полумуфты. Опорные втулки шестерен не должны иметь задиров и других повреждений. Валики шестерен при необходимости шлифуют шкуркой, смоченной маслом. Внутренняя полость корпуса, в которой помещаются шестерни, должна быть хорошо обработана, не иметь забоин, заусенцев, других дефектов. Небольшие дефекты ликвидируются шлифовальной шкуркой.

При сборке проверяют зазоры между корпусом и шестернями. Для этого укладывают на плоскость разъема корпуса маслонасоса и торцовые поверхности шестерен небольшие кусочки свинцовой проволоки диаметром 1...2 мм, после чего равномерно подтягивают крышку маслонасоса. Торцовой зазор определяют как разность среднеарифметических величин оттисков, полученных на шестернях и фланце корпуса маслонасоса (рис. 106).

Суммарный торцовый зазор должен быть 0,08... 0,22 мм. Величину торцового зазора регулируют, устанавливая прокладки различной толщины из промасленной бумаги или кальки. Прокладки вырезают по контуру



106. Основные зазоры в масляных насосах

1 — крышка; *2* — шестерня ведущая; *3* — шестерня ведомая; *4* — прокладка; *5* — корпус насоса

крышки насоса. Если торцовый зазор больше допустимого, шабруют плоскость корпуса насоса. Радиальный зазор между зубом шестерни и корпусом, замеряемый щупом, должен быть в пределах 0,05...0,12 мм.

Прилегание зубьев шестерен друг к другу по высоте должно быть не менее 40%, по длине зуба — не менее 60%. Боковой зазор в зацеплении — 0,17...0,53 мм. Затем смазывают внутренние поверхности маслонасоса турбинным маслом и собирают маслонасос. Проворачивают вручную шестерни. Они должны вращаться плавно, без ощутимых местных заеданий. Устанавливают насос на место в корпус мультипликатора и подсоединяют маслопроводы. При центровке валов маслонасоса и электродвигателя по полумуфтам, пускового насоса, мультипликатора параллельное смещение и перекос осей не должен превышать 0,08 мм. Центровки добиваются установкой прокладок из стальной фольги под электродвигатель. Торцовый зазор в рабочем маслонасосе турбокомпрессора равен 0,03...0,08 мм; зазор в зубчатом зацеплении — 0,085...0,1 мм; радиальный зазор — 0,05...0,15 мм.

Ревизия маслосистемы. Разбирают оборудование маслосистемы и снимают контрольно-измерительные приборы. Затем удаляют загрязненное масло из маслобаков, очищают их и промывают дизельным топливом. Проверяют состояние насосов, маслопроводов, фильтров, арматуры, перепускных вентилей и маслопроводящих каналов. Выявленные дефекты устраняют. При очистке маслосистемы используют чистую полотняную ткань и бельевую ветошь. Хлопчатобумажные концы применять

запрещается, так как остатки ткани могут налипнуть на поверхностях оборудования и трубопроводов.

Маслопроводы промывают дизельным топливом и продувают сжатым воздухом. Затем продувают сжатым воздухом фильтры, собирают оборудование и маслопроводы. Систему смазки заполняют турбинным маслом 30. Маслобак мультипликатора заполняют до верхней отметки указателя уровня, маслобак компрессора — на $^2/_3$ высоты указателя уровня. Собрав систему смазки, проверяют функционирование оборудования. Включают рабочий и резервный маслонасосы компрессора и пусковой маслонасос мультипликатора. Проверяют работу приборов контроля и наблюдают за поступлением масла во все точки смазки.

5. ИСПЫТАНИЯ ТУРБОКОМПРЕССОРНОГО ГЕНЕРАТОРА

После окончания монтажа обкатывают агрегат на воздухе для испытания его на полных оборотах и оценки качества монтажа всех сборочных единиц машины и на холодильном агенте. Пуску агрегата предшествует ряд подготовительных работ.

Для удаления остатков грязи, ржавчины, окалины и песка из трубопровода и емкостей маслосистемы, полостей подшипниковых камер компрессора, мультипликатора прокачивают масло в маслосистемах компрессора и мультипликатора. Перед прокачкой масла следует убедиться в чистоте маслосистем, отсутствии посторонних предметов в маслобаках, фильтрах, маслоохладителях и трубопроводах; залить в маслобаки через 3...4 слоя марли масло. Заливать масло в маслобак компрессора надо на $^3/_4$ высоты указателя уровня, в маслобак мультипликатора — до верхней отметки указателя уровня. Для дополнительной фильтрации масла на всех подводках масла к смазываемым местам устанавливают металлические сетки с 3 слоями марли.

Затем включают рабочий маслонасос компрессора и пусковой маслонасос мультипликатора, установив давление 0,1...0,15 МПа и температуру 45...60 °С. В процессе прокачки масла периодически осматривают и промывают подшипники, фильтры, сетки и марлю на входе масла в агрегат и анализируют масло на механические примеси. Все потеки масла в маслосистеме устраняют. Прокачку ведут до полного удаления следов грязи на марле, фильтрах, в подшипниковых камерах компрессо-

ра и корпусе мультипликатора. Затем масло сливают, маслобаки и фильтры промывают и заливают чистое масло. Устанавливают дроссельные шайбы на местах подвода масла к компрессору и мультипликатору.

Работу маслосистемы компрессора проверяют при включенном маслонасосе, открывая и закрывая перепускные клапаны. Определяют максимальное давление, развиваемое маслонасосом. Если давление ниже указанного в технических требованиях, то проверяют всю систему: работу реле контроля смазывания, маслоохладителя и трубопроводов. Те же операции производят при проверке маслосистемы мультипликатора и электродвигателя.

Собирают муфту электродвигателя-мультипликатора, проворачивают вал электродвигателя вручную на два-три оборота и убеждаются в отсутствии заеданий. Затем закрывают кожух муфты.

Электродвигатель включают на 3...5 с для определения направления вращения ротора. При необходимости направление вращения изменяют. После этого запускают электродвигатель на 10...15 с и прослушивают работу компрессора, мультипликатора, муфты. При отсутствии каких-либо ненормальностей прикрывают лопатки входных направляющих аппаратов и пускают агрегат на 3 мин, при этом контролируют: уровень вибрации и шума на компрессоре, мультипликаторе и электродвигателе; отключение пускового насоса маслосистемы в связи с включением в работу основного насоса; время выбега агрегата, которое должно быть не меньше 2,5...3 мин.

После того как компрессор остынет, снимают крышку компрессора, осматривают подшипники, торцовое уплотнение, лабиринтные уплотнения, уплотнения между корпусом и диафрагмами. Разбирают и осматривают зубчатое зацепление и подшипники мультипликатора. Проверяют состояние контактных колец на электродвигателе.

При осмотре подшипников обращают внимание на состояние баббита. На сегментах упорного подшипника могут быть следы мелких механических частиц в местах выхода масла. Поверхность сегментов в месте входа масла в масляный клин должна быть чистой.

При осмотре торцового уплотнения обращают внимание на состояние трущихся поверхностей графитовых, стальных и резиновых уплотнительных колец.

Для пуска агрегата на холодильном агенте должны быть смонтированы трубопроводы, произведена их опрессовка и вакуумирование. Вакуумирование системы производится вакуум-насосом с целью удаления воздуха и влаги, проверки герметичности перед заполнением ее аммиаком. При вакуумировании масляную полость торцового уплотнения заполняют маслом, периодически включая рабочий маслонасос.

Если при выдержке давление повышается (может происходить доиспарение влаги), то следует повторить вакуумирование. Затем систему заполняют аммиаком или теплоносителем.

Обкатку агрегата на холодильном агенте производят следующим образом. В пусковом контуре установки создают давление 0,1...0,2 МПа с помощью вспомогательного поршневого агрегата. В маслосистемах компрессора и мультипликатора поднимают температуру масла до 35...50 °С и подают воду на промежуточный холодильник. Открывают задвижки на нагревании первой секции и всасывании второй секции компрессора и байпасные. Включают турбокомпрессорный агрегат в работу. После того как электродвигатель наберет необходимую частоту вращения, открывают обводные задвижки таким образом, чтобы давление всасывания компрессора стало близким к рабочему. Закрывают задвижки байпасных линий и подают охлаждающую воду на маслоохладитель мультипликатора и компрессора. С помощью лопаток входного направляющего аппарата компрессора поддерживают мощность 50...70% номинальной. При работе осматривают и прослушивают компрессор и мультипликатор.

После работы агрегата в течение 3...5 мин его останавливают, открывают байпасы, закрывают всю запорную арматуру, подачу воды. После понижения температуры подшипников ниже 40 °С останавливают маслонасосы. Откачивают из полости компрессора аммиак с помощью вспомогательного поршневого компрессора и продувают полость компрессора азотом. Производят ревизию агрегата: открывают крышки подшипниковых камер компрессора и осматривают подшипники; отсоединяют крышку мультипликатора; осматривают подшипники, зубчатое зацепление; подвергают ревизии зубчатые муфты.

16. Характерные неисправности турбокомпрессорного агрегата и способы их устранения

Неисправности	Причина	Способ устранения
Чрезмерный нагрев подшипников	Недостаточное охлаждение масла в маслоохладителе	Увеличить количество воды на подаче в маслоохладитель
	Попадание в маслосистему воды	Остановить агрегат, очистить маслоохладитель; при содержании воды в масле масло слить, устранить неплотности в маслоохладителе
	Недостаточное количество смазки, снизилось давление в нагнетательном коллекторе	Поднять давление масла, прикрыв перепускной клапан
	Загрязнились маслофильтры, что видно по увеличенному перепаду давления на фильтре	Агрегат остановить, промыть фильтры, осмотреть и промыть подшипники
	Перекрыто отверстие подвода масла к подшипнику	Агрегат остановить, неисправность устранить
	Неправильная подгонка опорных подшипников к шейкам вала, недостаточный зазор между подшипником и валом; недостаточный развал нижней половины вкладыша, малы «холодильники» подшипника	Проверить зазор в подшипнике, увеличить до нормы Расшабрить и подогнать вкладыш к шейке ротора
Уровень масла понижается в маслобаке компрессора и повышается в маслобаке мультипликатора	Течь масла в торцовые уплотнения компрессора	Агрегат остановить, перебрать торцовое уплотнение
Понижается уровень в маслобаке компрессора (в маслобаке мультипликатора не меняется)	Плохо уплотнен разъем корпуса компрессора между подшипниковыми камерами и газовой полостью	Агрегат остановить, вскрыть компрессор, по замасливанию разъема нижней половины определить место уноса масла. Устранить неплотность

Продолжение табл. 16

Неисправности	Причина	Способ устранения
Понижается уровень масла в одном из маслобаков без изменения уровня в другом. Следы масла в воде на выходе из маслоохладителя	Течь масла в маслоохладителе	Агрегат остановить, течь устранить
Вибрация агрегата или его отдельных частей: при пуске агрегата при низкой температуре в компрессорном зале	Низкая температура масла	Перед пуском прогревать масло
вибрация местного характера	Недостаточные или чрезмерные зазоры в подшипниках: отсутствие натяга между крышкой и вкладышем; неправильная пригонка или выработка подшипника	Проверить зазоры и натяги в подшипниках
	Загрязнение полости муфты густыми отложениями масла	Промыть муфты
вибрация, появляющаяся после разогрева компрессора	Передача усилий от температурных деформаций трубопроводов на корпус компрессора	Отсоединить трубопроводы, проверить совпадение фланцев при отпущенных гайках. При необходимости переварить трубы
возникает или усиливается вибрация только при пуске другого соседнего агрегата	Резонансная передача вибрации от других работающих агрегатов	Неверно запроектирован фундамент. Необходимо решение проектной организации
общая или местная вибрация агрегата	Неправильная сборка муфт. Неправильное центрирование роторов агрегата. Неправильная установка или недостаточные зазоры в лабиринтных уплотнениях	Выявить и устранить
Значительные колебания мощности (силы тока) на главном электродвигателе;	Влажный ход — попадание жидкого аммиака на всасывание компрессора	Немедленно устранить причину влажного хода, при необходимости остановив машину

Продолжение табл. 16

Неисправности	Причина	Способ устранения
резкое снижение температуры нагнетания аммиака; повышенный унос масла из маслобака компрессора		
Резкие колебания стрелок манометров, появление значительной вибрации и резкое изменение звука работающего компрессора	Помпаж (перепад давлений между всасыванием и нагнетанием) превышает допустимый	Немедленно открыть байпас, устранить причину помпажа
Повышенная температура нагнетания	Плохо уплотнен разъем или диафрагмы по корпусу между ступенями	При остановке открыть крышку компрессора, устранить перетечки
	Сильный износ лабиринтов	Произвести перечеканку гребней лабиринтов
Повышенная температура всасывания	Нарушение технологического режима	Отрегулировать режим
	Неполностью закрыт или пропускает байпасный клапан	Отрегулировать работу электрозадвижек
Торцовое уплотнение греется	Торцовое уплотнение повреждено	Выяснить причину и устранить
	Неправильно проведена сборка — не оставлен зазор между валом и втулкой, вследствие чего появляются прижоги	Выставить зазор не менее 0,6 мм вкруговую
	Недостаточное количество масла (расход)	Увеличить расход масла
	Утечки в подводящем трубопроводе	Устранить утечки
	Уменьшенное сечение в подводящем трубопроводе	Увеличить сечение
	Уплотнительное кольцо пропускает масло в подшипниковую полость	Заменить кольцо
	Недостаточный слив масла через плавающий подшипник	Увеличить зазор методом подбора

Продолжение табл. 16

Неисправности	Причина	Способ устранения
Повышенная утечка масла через торцовое уплотнение	Недостаточное количество пружин	Добавить две пружины
	Втулка стоит с перекосом	Заменить уплотнительное кольцо
	Отсутствуют степени свободы у втулки	Устранить
	Втлука стоит с перекосом	Устранить
	Увеличенное трение между втулкой и уплотнительным кольцом, т. е. втулка не перемещается под действием пружин	Выяснить причину и устранить
	Резиновое кольцо не обеспечивает уплотнения	Заменить
	Чистота торцовых поверхностей трущихся деталей не соответствует требованию чертежей	Устранить (заменой или доводкой)
	Все детали стоят с перекосом из-за установки неодинаковых пружин	Пружины заменить на одинаковые по усилию и длине
Повышенный износ графитового кольца торцового уплотнения	Установлено увеличенное число пружин	Уменьшить число пружин на 2 шт. и проверить износ
	Марка графита не соответствует чертежам	Заменить

Затем агрегат собирают и включают в работу на 1 ч, поддерживая мощность на уровне 50...80% номинальной. При работе контролируют температуру подшипников и масла, температуру и давление всасывания и нагнетания каждой секции компрессора. После этого агрегат останавливают и производят его полную ревизию. Верхнюю крышку компрессора снимают и проверяют уплотнение плоскости разъема. При замасливании прокладки между подшипниковыми камерами и газовой полостью компрессора ее доуплотняют свинцовой проволокой толщиной 1 мм или тонкой асбестовой ниткой. Осматривают опорные и упорные подшипники, сальники, муфты.

С мультипликатора снимают крышку, осматривают подшипники и зубчатое зацепление. Пятно контакта на зубьях шестерни и колеса должно быть по длине не менее 80% в виде 2 полос шириной 1...3 мм на головке и у корня зуба. При необходимости корректируют взаимное положение валов шестерни и колеса.

После ревизии агрегат собирают, проверяют его центровку и подвергают 10-часовой обкатке. Температуры кипения и конденсации держат близкими к проектным. С помощью лопаток входного направляющего аппарата поддерживают мощность 60...80% номинальной. Опробуют систему автоматики, замеряют уровень вибрации компрессора, мультипликатора и электродвигателя.

Затем агрегат останавливают и осматривают подшипники компрессора, мультипликатора и зубчатое зацепление. Сдаваемый в эксплуатацию агрегат должен проработать устойчиво на спецификационном режиме (при нагрузке не менее 60%) в течение 28 ч, из них 24 ч непрерывно. Характерные неисправности и способы их устранения при испытании турбокомпрессорного агрегата приведены в табл. 16.

6. ОСОБЕННОСТИ ИСПЫТАНИЯ ТУРБОКОМПРЕССОРНЫХ АГРЕГАТОВ ХТМФ

После окончания монтажа агрегаты ХТМФ испытывают аналогично агрегатам АТКА воздухом и холодильным агентом. Перед испытаниями проводят подготовительные работы: приводят в готовность циркуляционную систему смазки, проверяют состояние подшипников, готовят приводной электродвигатель согласно инструк-

ции предприятия-изготовителя, проверяют защитную и пусковую автоматику.

После испытания агрегатов воздухом проводят подготовительные работы для испытания их холодильным агентом. До этого должны быть закончены монтажные работы всех трубопроводов, включая газовые, смонтирована ресиверная станция.

Систему выдерживают в вакууме в течение 24 ч. Температура окружающего воздуха должна быть не ниже +15 °С, повышение давления в системе во время выдержки не допускается. Если при выдержке давление повышается (может происходить доиспарение влаги), следует повторить вакуумирование. Если давление снова будет повышаться (что говорит о неплотности системы), необходимо повторить испытание на плотность воздухом и хладоном-12. Далее из стальных баллонов заряжают ресивер хладоном-12. При этом ресивер должен находиться под вакуумом 0,01 МПа.

Первоначальное заполнение системы машины хладоном-12 производят до указателя уровня испарителя. Для обеспечения перетекания жидкого хладона-12 из ресивера в испаритель необходимо поддерживать перепад давления не менее 0,2 МПа между ресивером и испарителем. Для этого включают компрессор поршневого агрегата ресиверной станции, который отсасывает пары хладона-12 из испарителя, сжимает их и нагнетает в конденсатор вспомогательного агрегата, где пары конденсируются и передавливаются снова в испаритель, дросселируясь в вентиле.

При работе холодильной машины в режиме с охлаждением теплоносителя в испарителе до температуры не ниже +7 °С систему теплоносителя заполняют водой. При охлаждении теплносителя в испарителе ниже +7 °С во избежание замораживания систему теплоносителя заполняют рассолом хлористого кальция или натрия.

Перед пуском машины давление в ней доводят до рабочего, т. е. захолаживают машину и подогревают масло. Захолаживание машины, т. е. понижение давления, а следовательно, и температуры жидкого хладона в испарителе, производят до значений, близких к рабочим. Оно необходимо для предотвращения вспенивания масла в системе смазки турбокомпрессора при выпаривании из него газообразного хладона-12 в связи с резким понижением давления и повышением температуры в зоне тре-

ния в случае незахоложенной машины, а также для уменьшения времени действия максимального пускового тока.

Захолаживание машины производят холодным теплоносителем или вспомогательным агрегатом. Холодный теплоноситель подается в испаритель и циркулирует через него до понижения давления в испарителе до заданной величины. Охлаждение производят до температуры, на 4...6 °С превышающей температуру холодного теплоносителя.

Если не удается достаточно быстро и до требуемой температуры охладить машину при охлаждении холодным теплоносителем и при первичном захолаживании системы, а также после долгого перерыва в работе, машину захолаживают с помощью вспомогательного поршневого агрегата ресиверной станции.

Подогревать масло необходимо для предварительного выпаривания газообразного хладона-12 из масла, чтобы исключить возможность выхода из строя подшипников и торцового уплотнения. Подогревают масло горячей водой или паром. Далее испытывают агрегат на хладоне с выводом его на проектную холодопроизводительность. Машина должна проработать устойчиво в течение 28 ч, из них 24 ч непрерывно.

Подготовка машины к испытаниям холодильным агентом включает в себя опрессовку и вакуумирование всей системы, зарядку ресивера и машины хладоном-12, заполнение системы теплоносителем и приготовление рассола.

Опрессовку системы производят сухим воздухом или азотом. При испытании системы на плотность должны быть сняты крышки испарителя, конденсатора, кожуха зубчатой муфты турбокомпрессора-мультипликатора. Давление в системе повышают до 0,2...0,25 МПа, обнаруживают неплотности и устраняют. Обмыливают все фланцевые соединения, торцовое уплотнение, сварные швы трубопроводов, а также развальцовку трубок аппаратуры и повышают давление до 0,6 МПа.

Обнаруженные места утечек устраняют. Затем давление повышают до 0,8 МПа и при отсутствии течи добавляют в систему приблизительно 10 кг хладона-12. Если добавить хладон-12 в систему, находящуюся под давлением, невозможно, то систему сначала заполняют хладо-

ном-12 при давлении до 0,05 МПа, а затем давление повышают сухим воздухом или азотом до 0,8 МПа.

После добавления хладона систему проверяют галоидным течеискателем ГТИ-6. Обнаруженные места утечек устраняют. Затем давление повышают до 1 МПа и выдерживают систему в течение 24 ч. Никакого падения давления при постоянной температуре окружающего воздуха по образцовому манометру не допускается. Убедившись в отсутствии течи, воздух из системы удаляют, крышку аппаратов и кожух промежуточной муфты закрывают. Проверяют плотность водяной и рассольной полостей аппаратов гидравлическим испытанием под давлением 0,6 МПа.

Хладоновую полость вакуумируют с целью удаления воздуха и влаги из системы перед заполнением ее хладоном-12. Вакуум в системе доводят до 0,01 МПа с помощью вакуум-насоса.

ГЛАВА VIII. МОНТАЖ ТРУБОПРОВОДОВ

1. МОНТАЖ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ

Индустриальный метод монтажа стальных технологических трубопроводов предусматривает выполнение на монтажной площадке и непосредственно на монтируемом объекте укрупненной сборки в блоки сборочных единиц трубопроводов и их установки в проектное положение.

Монтаж трубопроводов ведут по монтажным чертежам и аксонометрическим схемам, разрабатываемым на линию трубопровода. Готовые сборочные единицы и блоки монтируют на установленных опорах и подвесках. Конструкции опор и подвесок, места их расположения, а также пролетные расстояния между ними указывают в проекте.

Перед началом монтажа трубопроводов проводят подготовительные работы: принимают монтируемые сборочные единицы и детали трубопроводов арматуры, не входящей в сборочные единицы, опоры и подвески, проверяют их соответствие проекту или техническим условиям, а также их комплектность по спецификациям; принимают здания, строительные сооружения и конструкции под монтаж трубопроводов; проверяют соответствие чертежам расположения, типы и размеры присоединительных штуцеров на оборудовании; комплектуют ли-

нию трубопроводов сборочными единицами, элементами и деталями, арматурой и вспомогательными материалами и доставляют их к месту монтажа; устраивают площадки для укрупнительной сборки, готовят подмости и приспособления для работы на высоте, а также рабочие места; комплектуют рабочие бригады и обеспечивают их необходимыми инструментами, приспособлениями и монтажными механизмами.

К монтажным работам относятся разбивка трассы трубопровода, установка опор и подвесок, укрупнительная сборка сборочных единиц в блоки, укладка, сборка и монтажная сварка трубопроводов, монтаж арматуры, приборов контроля и автоматики. Монтаж трубопроводов завершается испытанием смонтированных линий и сдачей заказчику.

Разбивка трассы и разметка мест установки опор трубопроводов. До укладки трубопроводов разбивают трассу и размечают места установки опор с помощью струны, отвеса, линеек, угольников, нивелира или гидравлического уровня. Перед разбивкой осей трубопроводов проверяют соответствие данных, указанных в чертежах, абсолютным отметкам полов или перекрытий зданий, от которых в чертежах даны привязки осей. Оси трубопроводов разбивают по монтажным чертежам или макетам, в которых указана привязка осей к относительным отметкам полов, перекрытий, стен и других деталей строительных конструкций цеха. Макет дает наглядное представление о местах расположения оборудования и способах обвязки его трубопроводами.

Разбивают оси и наносят отметки мелом, как краской, на стенах или колоннах с инвентарных подмостей, стремянок, столиков или сборно-разборных лесов в зависимости от условий и места работы.

Сначала разбивают горизонтальные оси трубопроводов. Высотные отметки горизонтальных осей определяют путем замеров с помощью отвеса и линейки. Сначала разбивают ось главной магистрали трубопровода, затем — ответвления. При разбивке прямолинейной горизонтальной оси вначале определяют две крайние точки трубопровода. В этих точках на стене или колонне устанавливают временные кронштейны, между которыми горизонтально натягивают стальную струну (0,2...0,5 мм), по которой наносят прямую горизонтальную линию — ось.

По длине оси делают вертикальные отметки, показывающие требуемый уклон трубопровода, места ответвлений и т. п. Отметки наносят на конструкции зданий в виде рисок и цифровых знаков, определяющих высоту отмеченных точек под условной нулевой отметкой.

Отклонение опорных конструкций от проектного положения не должно превышать: в плане ±10 мм; по отметкам — 10 мм; по уклону +0,001.

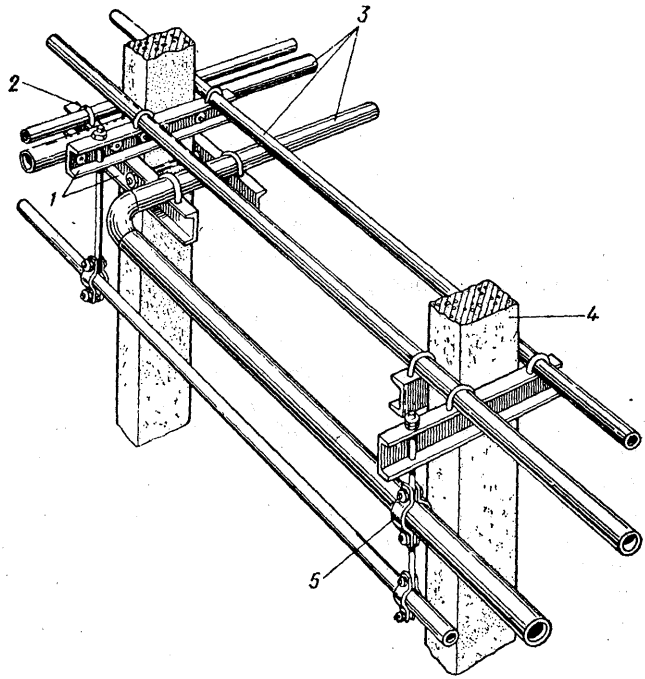
Если невозможно произвести замеры от полов или перекрытий, на стены или колонны зданий вдоль трассы будущего трубопровода примерно через каждые 10 м с помощью нивелира или гидростатического уровня и линейки переносят абсолютные вертикальные отметки имеющихся высотных реперов.

После разбивки горизонтальной оси трубопровода намечают оси ответвлений к аппаратам, машинам, арматуре или к другим линиям. По этим осям размечают места установки компенсаторов, арматуры, подвижных и неподвижных опор, подвесок, кронштейнов и др. По монтажным чертежам проверяют правильность выполнения разметки и приступают к установке опорных конструкций.

Установка опор и подвесок. Кронштейны, подвески и детали крепления элементов трубопроводов устанавливают по предварительной разметке отверстий под болты и закладные части. После заливки закладных частей цементным раствором в течение времени, необходимого для его схватывания (7...14 дн.), запрещается выполнять какие-либо работы, в результате которых передается нагрузка на закладные части.

После достижения цементным раствором или бетоном необходимой прочности приступают к установке опор и подвесок. Расположение опор и подвесок указывается в монтажных чертежах. На рис. 107 показано расположение кронштейнов, опор и подвесок на колоннах здания.

При креплении на стенах или колоннах кронштейны должны прилегать не к штукатурке, а к бетону или кирпичной кладке; имеющуюся штукатурку удаляют. Подвижные опоры или их детали (верхняя часть опоры, ролики, катки) устанавливают с учетом теплового удлинения трубопровода, для чего их смещают по оси опорной поверхности в сторону неподвижной точки на величину этого удлинения, не допуская перекосов и заеда-



107. Установка кронштейнов, опор и подвесок на колоннах здания
1 —кронштейны; *2* — опоры; *3* — трубопроводы; *4* — колонна здания; *5* — подвеска

ния. Ролики, шарики и катки должны свободно вращаться и не выпадать из гнезд. Сжатие пружины на опорах и подвесках обеспечивается распорными приспособлениями. При этом следует обращать внимание на то, чтобы пружины были затянуты в соответствии с указаниями на чертеже.

Тяги подвесок трубопроводов, не подверженных тепловым удлинениям, устанавливают отвесно, а подверженных тепловым удлинениям — с наклоном в сторону, обратную перемещению, на половину этой величины.

Отклонение опор от проектного положения не должно превышать в плане ±5 для внутрицеховых и ±10 мм для межцеховых трубопроводов: по уклону — не более ±0,001.

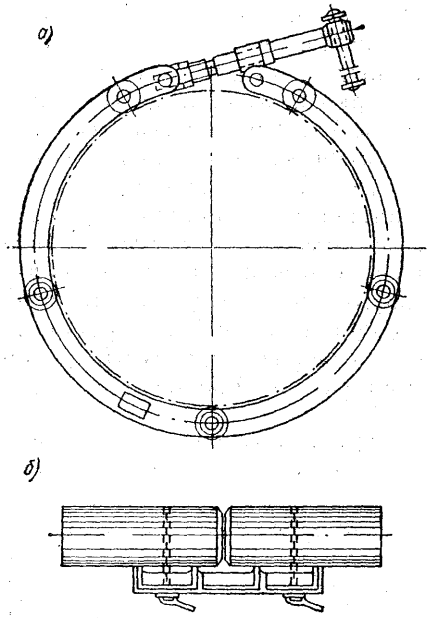
При монтаже подвесок с пружинами и пружинных опор вертикальных трубопроводов следят за тем, чтобы опорные конструкции под пружины были перпендикулярны к направлению усилия так же, как и верхние опорные тарелки пружин. Все подвижные части опор смазывают консистентной смазкой, не разлагающейся при нагреве опоры. Металлические детали конструкций опор и подвесок для предотвращения коррозии окрашивают. При установке на трубопроводах из легированной стали опор из углеродистой стали места их соединения во избежание непосредственного контакта окрашивают или устанавливают между опорой и трубой тонкую пластину из легированной стали.

При монтаже трубы должны плотно без зазоров и перекосов укладываться на подушки неподвижных опор, хомуты должны плотно прилегать к трубе, чтобы она не перемещалась в неподвижной опоре. Оси трубопроводов, укладываемых на участке между двумя неподвижными опорами, должны быть прямолинейными. Отклонения от прямолинейности не должны превышать 5 мм на каждые 10 м длины, а на весь участок — 10 мм в вертикальной и 50 мм — в горизонтальной плоскостях.

Опоры трубопроводов, установленных на вертикальных участках, выверяют отвесом, кронштейны и другие горизонтальные конструкции — уровнем.

Укрупнительная сборка сборочных единиц трубопроводов. Перед началом монтажа на площадке сборочные единицы трубопроводов укрепляют в блоки, габаритные размеры и масса которых в каждом случае определяются конкретными условиями монтажа. Укрупнительную сборку сборочных единиц трубопроводов производят на жестких хорошо выверенных стеллажах либо на забетонированной или плотно утрамбованной площадке с помощью кондукторов и центраторов, обеспечивающих правильное положение деталей, элементов и труб при прихватке и сварке (рис. 108).

Монтаж внутрицеховых трубопроводов. Для подъема блоков и сборочных единиц трубопроводов применяют различные такелажные механизмы, грузоподъемность которых зависит от массы блоков и компоновки оборудования: тали, блоки, полиспасты с ручными или электрическими лебедками, рычажные ручные лебедки, самоходные краны. Тали и блоки подвешивают к прочным элементам строительных конструкций, треногам или



108. Сборочные приспособления
а — центратор; *б* — цепное приспособление

козлам. Сборочные единицы и блоки стропуют таким образом, чтобы исключить лишние развороты или перестроповку для закрепления в проектном положении.

Монтаж сборочных единиц и блоков, как правило, начинают с присоединения их к оборудованию, при этом оставляют свободные концы труб для присоединения к ним прямых участков трубопроводов.

После укладки на опоры и подвески собранные сборочные единицы и блоки выверяют и временно закрепляют. Прямые участки трубопровода укладывают не менее чем на 2 опоры. Пространственные сборочные единицы и блоки крепят таким образом, чтобы они не могли сместиться под действием силы тяжести. Присоединять к аппаратам сборочные единицы и блоки, не закрепленные на опорах или подвесках, не допускается. Если трубопровод проходит через стены, перекрытия и другие строительные конструкции, его заключают в патроны (отрезки труб, внутренний диаметр которых на 10...20 мм больше наружного диаметра укладываемой трубы), выступающие на 50...100 мм с обеих сторон стены. Участки трубопроводов, заключенные в патроны, не должны иметь сварных стыков.

Обвязочные трубопроводы, присоединяемые к вертикальному оборудованию на высоких отметках, как правило, монтируют на оборудовании до его подъема. Во избежание переделки готовых сборочных единиц перед монтажом тщательно проверяют точность установки оборудования в осях и по отметкам. При необходимости

вваривают вставки. Их длина должна быть не менее 100 мм для трубопроводов с диаметром до 150 мм и 200 мм для трубопроводов бо́льших диаметров. Сварные стыки трубопроводов располагают на расстоянии не менее 50 мм от опор. После сборки и выверки всего участка трубопровода сваривают монтажные стыки, устанавливают прокладки между фланцами отдельных сборочных единиц, устанавливают и затягивают болты фланцевых соединений. Фланцевые соединения собирают сразу на проектном числе болтов или шпилек, чтобы в дальнейшем не возвращаться к монтажу этих соединений. После сборки и сварки монтажных соединений окончательно закрепляют собранный участок трубопровода на опорах и подвесках, выверяют проектный уклон и при необходимости регулируют положение смонтированного трубопровода.

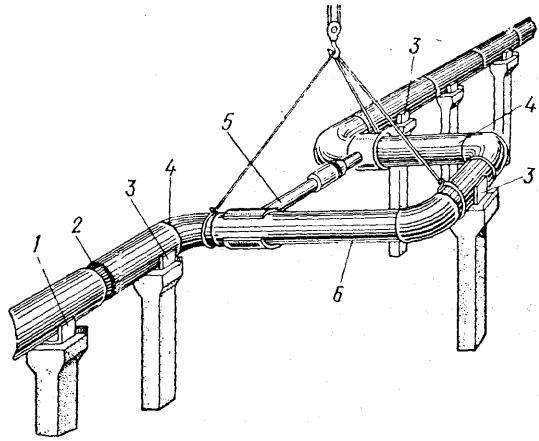
Монтаж компенсаторов. При монтаже технологических трубопроводов наиболее распространены П-образные компенсаторы, которые устанавливают горизонтально и лишь как исключение — вертикально или наклонно. Во всех случаях все элементы компенсатора при его установке должны располагаться в одной плоскости. В нижних точках должны быть установлены дренажные штуцера.

Компенсаторы устанавливают на трех подвижных опорах, две из которых располагаются на прямых участках, одна — на спинке компенсатора на поддерживающей колонне (рис. 109). При установке на линиях с уклоном боковые части компенсатора располагают горизонтально по уровню; уклон допускается только на его концах и спинке.

Как правило, компенсаторы предварительно растягивают или сжимают на величину, указанную в проекте, и устанавливают на трубопроводы вместе с распорными (или стягивающими) приспособлениями (рис. 110), которые снимают после окончательного закрепления трубопроводов на неподвижных опорах.

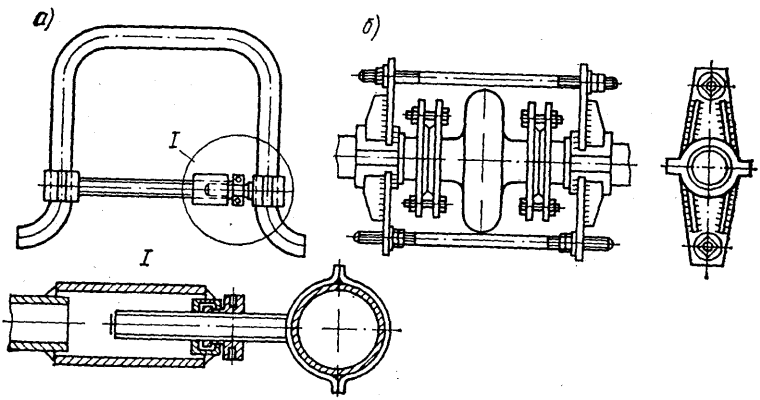
В некоторых случаях (в одной плоскости одновременно имеется несколько компенсаторов, расположенных на параллельных трубопроводах один внутри другого, и др.) предварительную растяжку компенсаторов заменяют натяжением трубопровода в холодном состоянии при монтаже.

При холодной растяжке П-образного компенсатора



109. Установка компенсатора на опоры

1 — неподвижная опора; *2* — стык для хлодной растяжки компенсатора; *3* — подвижные опоры; *4* — сварной стык; *5* — винтовое приспособление; *6* — компенсатор



110. Винтовые приспособления для растягивания компенсаторов

а — П-образного; *б* — линзового

трубопровод собирают, как всегда. Только в одном из ближайших от компенсатора монтажном стыке (сварном или фланцевом) оставляют зазор, равный заданной величине растяжки компенсатора. Во избежание перекоса не следует использовать для растяжки стык, непосредственно прилегающий к компенсатору. В стык, оставленный для растяжки компенсатора, вставляют временную деревянную вставку или кольцо требуемой ширины.

Фланцевый стык, оставленный для растяжки, временно (без постоянных прокладок) стягивают удлиненными шпильками, устанавливаемыми через одну, оставляя отверстия для постоянных болтов.

Если для растяжки оставлен сварной стык, к концам стыкуемых труб приваривают временные проушины из уголков, через отверстия которых пропускают удлиненные стяжные шпильки и, затягивая гайки, зажимают прокладочное кольцо, установленное между торцами стыка. Проушины (не менее 4 на каждой трубе) должны быть расположены равномерно по периметру трубы. После сварки стыка проушины снимают. После закрепления трубопровода на всех неподвижных опорах по обе стороны от компенсатора временное прокладочное кольцо удаляют и стык сжимают, затягивая гайки на удлиненных шпильках.

При фланцевом соединении перед окончательной затяжкой устанавливают прокладку, предусмотренную проектом. После затяжки удлиненные шпильки вынимают и на их место устанавливают постоянные болты или шпильки.

При установке линзовых компенсаторов необходимо следить за тем, чтобы дренажные штуцера (если они имеются) находились в нижних точках компенсаторов для возможности слива жидкостей, а направляющие стаканы были вварены со стороны движения продукта.

Растяжку (или сжатие) линзового компенсатора производят при монтаже после его сварки или окончательного соединения на фланцах в трубопровод. Растяжку осуществляют за счет стягивания оставленного при сборке соответствующего зазора в ближайшем от компенсатора монтажном стыке (аналогично холодной растяжке П-образного компенсатора) после закрепления участка трубопровода на неподвижных опорах.

Сжатие линзового компенсатора производят после его окончательного соединения с трубопроводом до закрепления последнего на неподвижных опорах. Для сжатия применяют приспособление, состоящее из двух стяжных хомутов, закрепляемых на трубопроводе по обе стороны от компенсатора, и стяжных удлиненных шпилек с гайками. Этими же хомутами до закрепления участка трубопровода на неподвижных опорах можно произвести и растяжку компенсатора.

Сальниковые компенсаторы устанавливают строго соосно с трубопроводами, без перекосов, во избежание заедания подвижных частей и повреждения набивки компенсатора. Перед установкой компенсатор растягивают на проектную величину, определяемую по рискам на его корпусе. Между упорными кольцами на патрубке и в корпусе компенсатора оставляют зазор на случай понижения температуры в трубопроводе по сравнению с температурой при монтаже.

Установка арматуры. Арматуру больших размеров и массы устанавливают самостоятельно и крепят к строительным или технологическим конструкциям в соответствии с проектом. Бесфланцевую арматуру перед приваркой открывают до отказа.

Смонтированная арматура вентильного типа до пуска трубопровода должна находиться в закрытом состоянии, кранового типа — в открытом. Вентили и обратные клапаны устанавливают так, чтобы направление указательной стрелки на корпусе арматуры совпало с направлением движения продукта в трубопроводе (продукт поступает под клапан арматуры). Оси штурвалов арматуры устанавливают по проекту или в положение, удобное для обслуживания, сборки и ремонта на месте.

Вентили с ручными приводами устанавливают шпинделями вертикально вверх или горизонтально, либо в пределах верхней полуокружности. Устанавливать их шпинделем вниз не допускается. Угловые вентили с электро- или гидроприводом устанавливают вертикально (приводом вверх) или горизонтально.

Задвижки устанавливают на горизонтальных трубопроводах маховиком вверх (шпиндель — вертикально), на вертикальных — в положение на ребро (шпиндель — горизонтально). Задвижки с вертикальным электроприводом устанавливают на трубопроводе приводом вверх или в положение на ребро, если электропривод имеет горизонтальное исполнение.

2. ИСПЫТАНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

После окончания монтажа технологические трубопроводы подвергают наружному осмотру, испытаниям на прочность и плотность, а в необходимых случаях, оговоренных проектом, — дополнительному пневматическому

испытанию на плотность с определением падения давления за время испытания.

Величина испытательного давления на прочность должна быть равна 1,25 максимального рабочего давления, но не менее 0,2 МПа. При испытании трубопровода на плотность испытательное давление должно быть равно рабочему. Испытанию подвергают только трубопроводы или их участки, полностью смонтированные, собранные на постоянных подкладках, опорах и подвесках, с врезанными штуцерами, бобышками и кранами для приборов контроля и автоматики, а также спускными линиями и установленной арматурой, дренажными спускными устройствами и воздушниками.

Как правило, трубопроводы испытывают гидравлическим способом. Пневматические испытания проводятся в случаях, предусмотренных проектом. По решению монтажной организации гидравлическое испытание может быть заменено пневматическим. Обычно такая замена производится при отрицательной температуре наружного воздуха, при отсутствии на строительной площадке воды, при возникновении чрезмерных напряжений в опорных конструкциях от массы воды.

Подготовку к испытаниям начинают с определения участков трубопроводов, подлежащих одновременному испытанию, выбора мест для подсоединения опрессовочного устройства, линий опорожнения и врезки воздушников.

При испытании на прочность участок трубопровода отключают от аппаратов и других трубопроводов заглушками с хвостовиками. Перед началом испытания проверяют техническую документацию на испытываемый трубопровод и производят его наружный осмотр. Гидравлические испытания трубопроводов на прочность и плотность осуществляют одновременно. Перед испытанием трубопровода в высших его точках врезают воздушники, на низких участках устанавливают спускные линии. Трубопроводы заполняют водой непосредственно от водопровода или насосом. При этом необходимо следить, чтобы давление, создаваемое в трубопроводе насосом, не превышало испытательного. При заполнении трубопроводов открывают все воздушники. При появлении в них воды, что свидетельствует о полном вытеснении воздуха из трубопровода, воздушники закрывают. При появлении течи во фланцевых соединениях или саль-

никах арматуры следует прекратить подачу воды, удалить ее из трубопровода (если это необходимо) и устранить выявленные дефекты. Если дефекты незначительны, следует продолжать заполнение трубопровода и проводить гидравлическое испытание. В этом случае обнаруженные дефекты устраняют одновременно с другими дефектами, выявленными во время испытания, после снятия давления и опорожнения трубопровода (если это требуется).

Испытательное давление создают гидравлическим прессом, насосом или действующей водопроводной сетью. По достижении испытательного давления трубопровод отключают от пресса или насоса. Для проверки прочности трубопровод выдерживают под испытательным давлением в течение 5 мин, после чего давление в нем снижают до рабочего.

Трубопроводы осматривают при рабочем давлении, обстукивая сварные швы молотком массой не более 1,5 кг. Удары наносят по трубе рядом со швом с обеих сторон.

Все обнаруженные в процессе осмотра дефекты (трещины, поры, неплотности разъемных соединений и сальников и пр.) отмечают на трубопроводе мелом или краской. Выявленные дефекты устраняют только после снижения давления в трубопроводе до атмосферного. Результаты гидравлического испытания на прочность и плотность считаются удовлетворительными, если во время испытаний не произошло падения давления по манометру и не обнаружено течи и отпотевания на трубопроводе. О проведении испытания составляют акт.

ГЛАВА IX. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ МОНТАЖЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

При монтаже технологического оборудования необходимо строго соблюдать требования СНиП III-4-80 «Техника безопасности в строительстве». Монтажные работы должны выполняться в соответствии с проектом производства работ, в котором предусматривают создание условий для безопасного ведения работ как на строительной площадке в целом, так и на отдельных рабочих местах.

Работа по монтажу технологического оборудования для слесаря-монтажника начинается операциями в монтажной зоне (место нахождения оборудования и материалов) и кончается сдачей агрегатов (линий, ниток) в эксплуатацию или в наладку. Эта работа охватывает: разгрузку и погрузку, транспортировку, приемку и хранение оборудования, очистку, промывку и смазку деталей; все виды работ, сопутствующих монтажным (слесарные, кузнечные, котельные, электросварочные, специальные, футеровочные, изоляционные, газопламенные и трубопроводные); собственно монтаж (сборочный, укрупненный, установочный и регулировочный) а также испытание (прокрутку) агрегатов вхолостую и под нагрузкой в эксплуатационных условиях.

При поступлении на работу слесарь-монтажник должен получить вводный инструктаж по охране труда, а перед началом работы инструктаж на рабочем месте. В дальнейшем периодический инструктаж проводится не реже одного раза в 3 месяца, если не меняются условия и характер работы.

Не позднее чем через 3 мес со дня поступления на работу слесарь-монтажник должен пройти обучение безопасным методам труда в объеме выполняемых работ и ему выдается удостоверение сроком на 1 год.

Слесарь-монтажник должен работать только в специальной спецодежде и спецобуви, в защитной каске, при необходимости пользоваться защитными средствами: предохранительным поясом, веревкой, респиратором, защитными очками.

Выполнять работу разрешается только при достаточном освещении рабочего места (не менее 25 лк). Для подсвечивания при работе или осмотре оборудования пользоваться только переносными светильниками с напряжением 12—36 В. Пользоваться открытым огнем (зажженная бумага, спички, факел) для освещения категорически запрещается.

Рабочее место слесаря-монтажника должно быть освобождено от посторонних предметов и содержаться в чистоте и порядке. Детали и материалы при открытом хранении должны укладываться на прокладки. Беспорядочное хранение, а также разбрасывание материалов, оборудования и деталей возле монтируемого объекта запрещается.

Монтажные работы следует выполнять исправным слесарным инструментом, который следует содержать в чистоте и порядке, хранить и переносить в специальных инструментальных ящиках. Применять инструмент при работе следует по назначению. Инструмент должен быть прочно насажен на рукоятку. Рукоятка молотка, кувалды выполняется из древесины березы или рябины и насаживается под прямым углом. Конец рукоятки расклинивается в глазке деревянными или стальными клиньями. Рукоятки, применяемые для напильников, выполняются как из древесины (береза, рябина), так и из прессованной бумаги и насаживаются строго по оси. Шейка деревянной или прессованной рукоятки во избежание раскалывания должна быть скреплена металлическим кольцом. Боёк кувалды и молотка должен быть овальной формы и не иметь заусенцев. Набор гаечных ключей должен строго соответствовать размерам болтов и гаек. Применение гаечных ключей с изношенным зевом не допускается, как и наращивание ключей. Ударный инструмент (зубило, крейцмейсер, бородок) должен иметь исправный боек, без трещин и заусенцев или с косой сбитой ударной частью.

Запрещается пользоваться: молотком или кувалдой со сбитым или искривленным бойком, гаечным ключом с изношенными губками или надломленными; инструментом без рукоятки или с неисправной рукояткой; погнутым ломом или ломом с заусенцами; ножовочными полотнами с тупыми, выкрошенными или поврежденными зубьями; ржавым инструментом.

Слесарю-монтажнику разрешается работать с электроинструментом при условии знания правил обращения с ним и при наличии у него II группы по электробезопасности. При пользовании электроинструментом с напряжением до 220 В необходимо пользоваться индивидуальными средствами: диэлектрическими перчатками, калошами, диэлектрическим ковриком, очками, которые выдаются из кладовой одновременно с электроинструментом.

Во время работы корпус электроинструмента должен быть надежно заземлен, при появлении на корпусе напряжения (бьет) следует немедленно прекратить работу. В последнее время получил широкое распространение электроинструмент с двойной изоляцией, который не

требует заземления и применения индивидуальных защитных средств.

При работе с электроинструментом необходимо следить за исправностью изоляции токопроводящего провода и оберегать его от трения об острые углы, от перекручивания и петления, от зажима разными предметами и инструментом, от пересечения с металлическими предметами.

Исправность режущего инструмента (сверла, наждачного диска), надежность его крепления, плавность хода, отсутствие биения следует проверить на холостом ходу. Шпиндель с режущим инструментом при полном числе оборотов должен вращаться ровно, без биения, издавать спокойный жужжащий звук.

Электроинструмент во время работы можно держать только за рукоятку. При всяком перерыве в работе его нужно обязательно отсоединять от электросети. Тормозить вращение шпинделя или диска руками или какими-либо предметами запрещается. Не следует допускать перегрева электроинструмента. Если корпус его нагревается, необходимо прервать работу. При появлении ненормального гудения мотора электроинструмента, заедания режущего инструмента следует отключить его от сети и выяснить причину. Грузоподъемные машины (краны), лебедки, домкраты, тельферы, тали и другие механизмы перед пуском в эксплуатацию и в дальнейшем через каждые 12 мес должны проходить техническое освидетельствование.

Грузоподъемные краны на видном месте должны иметь надпись о предельной грузоподъемности при максимальном и минимальном вылетах крюка, должны быть обеспечены приборами безопасности и съемными грузозахватными приспособлениями.

Подъем грузов массой, близкой к максимальной грузоподъемности крана, производится в два приема: сначала груз поднимают на высоту 200...300 мм (в таком положении проверяют устойчивость и надежность тормозов), а затем на полную высоту. Не допускается подъем груза, масса которого неизвестна. Изменять вылет крюка с поднятым грузом разрешается в пределах грузовой характеристики крана, но не рекомендуется.

Съемные грузозахватные приспособления (траверсы, стропы, тара) после изготовления и ремонта должны подвергаться осмотру и испытанию нагрузкой, в 1,25 ра-

за превышающей их номинальную грузоподъемность. В процессе эксплуатации съемные грузозахватные приспособления и тару подвергают периодическому осмотру с записью в журналах: траверсы — через каждые 6 мес, стропы и тару — через каждые 10 дн., клещи и другие захваты — через 1 мес.

Для производства погрузочно-разгрузочных работ и перемещения технологического оборудования выделяется опытная бригада. Подачу оборудования следует производить прямо на фундамент, а если это невозможно — ближе к месту монтажа. Перемещаемый груз должен быть все время в поле зрения работающих, особенно тогда, когда он перемещается краном, лебедкой и другими грузоподъемными средствами.

Бригадир-монтажник обязан знать массу груза, предназначенного для перемещения, ни в коем случае не допускать подъема груза, масса которого превышает грузоподъемность крана.

В обязанности монтажников входит правильная подготовка груза к перемещению и прием его у места назначения. При работе с грузоподъемными механизмами команда подается одним лицом — бригадиром при помощи специальных условных сигналов. Распоряжения об остановке механизма или приведения его в движение должны выполняться четко и по первому сигналу. Перед зачаливанием поднимаемого груза должно быть установлено положение его центра тяжести.

Если груз не поддается перемещению, несмотря на большие усилия, прикладываемые рабочими, обслуживающими механизмами, или чрезмерную нагрузку на механизмы, необходимо прекратить работу и выяснить причину. При подъеме или опускании громоздкого оборудования или деталей, изготовленных из тонкого металла и не обладающих достаточной жесткостью, необходимо обеспечить соответствующую жесткость крепления постановкой дополнительных связей, распорок и т. п. Для спуска громоздкого оборудования цилиндрической формы в цех, расположенный ниже уровня земли, устраивают пандус (наклонную пологую плоскость), при этом спуск осуществляется на санях и катках двумя лебедками — тяговой и тормозной.

При подъеме или перемещении груза двумя лебедками (подъемными приспособлениями) для предотвращения их перегрузки нужно выбирать одинаковые полиспа-

сты и работать равномерно, а лебедки должны обеспечить одинаковую скорость движения каната. При подъеме или опускании груза необходимо пользоваться оттяжками. Перемещать грузы на высоте следует над нерабочими местами.

По мере подъема груза домкратами необходимо под груз подвести клетку из шпал или установить прочные инвентарные подставки. Домкраты освобождаются только после надежного укрепления груза на установленном месте, при этом сами домкраты должны устанавливаться ровно и устойчиво, применять в качестве подкладок кирпичи и другие случайные предметы запрещается.

Подъем и опускание, а также закрепление оборудования на месте установки должно быть выполнено в течение одной рабочей смены или без перерыва в работе. Оставлять на весу поднятое или опускаемое оборудование, как правило, не разрешается.

Во время подъема или опускания оборудования запрещается: рабочим находиться на оборудовании **или** перемещаться вместе с ним; рабочим находиться ближе 1 м от места работы; присутствовать посторонним лицам; изменять принятый вначале порядок и последовательность операций по подъему или опусканию; исправлять такелажные приспособления одновременно с подъемом или опусканием оборудования; оставлять поднятые детали и оборудование на весу.

Для предупреждения несчастных случаев при перекатывании, подъеме и опускании оборудования нельзя находиться впереди круглого оборудования (царг, шкивов и пр.) при его перекатывании; разрешается находиться только сзади оборудования и придерживать его от произвольного перекатывания, особенно при неустойчивом оборудовании.

При работе грузоподъемными кранами и механизмами запрещается стропить и перемещать оборудование: засыпанное землей или примерзшее к земле; при нахождении на нем посторонних предметов.

По окончании работы по перемещению, подъему или опусканию следует: надежно установить оборудование и закрепить его; не оставлять натянутого каната между грузом и лебедкой, а также на проезжей дороге без защиты; снять рукоятки с ручных лебедок, поднять в верхнее положение крюк грузоподъемного устройства, выключить рубильники грузоподъемных механизмов и все

механизмы установить на «стоп»; все механизмы, которые закрываются на замки, запереть и ключи сдать дежурному; при разборке грузоподъемных устройств поставить специального человека для наблюдения за тем, чтобы никто из лиц, находящихся близко от места работы, не мог пострадать; очистить рабочее место от переносных грузоподъемных механизмов и вспомогательных приспособлений, привести в порядок и передать на хранение; в опасных местах оставить световые сигналы и вывесить соответствующие предупредительные надписи: «Запретная зона», «Опасная зона».

Леса, подмости и другие приспособления для выполнения работ на высоте должны быть инвентарными. Неинвентарные леса допускаются в исключительных случаях и высотой не более 4 м, которые выполняются по проекту. Леса и подмости высотой до 4 м допускаются к эксплуатации только после приемки их производителем работ, а свыше 4 м — после технического освидетельствования их комиссией с утверждением акта главным инженером. Металлические леса необходимо заземлять. Отверстия, устраиваемые или оставляемые в настилах лесов и перекрытиях, в местах выхода стремянок или лестниц, необходимо оградить на высоту не менее 1 м.

Крепить леса и подмости (высота подмостей более 2,5 м) нужно к надежным и устойчивым частям стен в местах, указанных производителем работ. При установке лесов и подмостей следует обращать особое внимание на надежность крепления элементов и правильную установку стоек и других опорных частей. Стойки лесов следует ставить на опорные подкладки, уложенные на спланированную площадку. Подклинивать стойки лесов, подмостей обрезками досок, кирпичами и другими предметами запрещается.

Перила на лесах и подмостях должны состоять из поручня высотой не менее 1 м, промежуточного элемента и бортовой доски высотой не менее 15 см.

Работа над землей или перекрытием свыше 1 м считается работой на высоте, а на высоте более 5 м — верхолазной работой. Рабочие-верхолазы, согласно приказу Минздрава СССР, должны ежегодно проходить медицинский осмотр.

Рабочие-верхолазы обязаны, кроме вводного инструктажа и инструктажа на рабочем месте по охране

труда, пройти специальное обучение по безопасным методам труда на высоте и правилам пользования индивидуальными защитными средствами.

Верхолазные работы требуют от рабочих большого внимания, практических навыков и определенной квалификации. Монтажники, имеющие стаж работы менее 1 года и квалификационный разряд ниже 3-го, к работе на высоте не допускаются.

Монтажники-верхолазы должны пользоваться предохранительным поясом, нескользящей обувью, а зимой работать в валенках.

Места крепления карабина предохранительного пояса должны быть заранее указаны производителем работ и ярко окрашены.

Для защиты головы от ранения при возможном падении крепежных деталей необходимо работать в касках. При ветре свыше 6 баллов и при гололеде запрещается работать на высоте, а также выполнять работы по подъему или опусканию оборудования.

Монтажники-верхолазы должны аккуратно пользоваться инструментом и крепежными деталями, не раскладывать их на монтируемом оборудовании. Мелкий инструмент и крепежные детали должны находиться в специальной сумке рабочего. Подавать инструмент на высоту следует в специальных ящиках. При верхолазных работах следует принять меры для обеспечения безопасности находящихся внизу рабочих и исключить возможность падения инструмента и крепежных деталей (устройство козырьков и предохранительных сеток).

По окончании монтажных работ полностью или частично (на одной технологической нитке) должен быть составлен план мероприятий по постепенному вводу законченных агрегатов в эксплуатацию. Большое внимание должно быть уделено температуре и давлению рабочей среды, при которых оборудование должно работать. Как чрезмерный нагрев, так и чрезмерное остывание опасны и могут быть причиной серьезных аварий оборудования и целых агрегатов, поэтому необходимо строго соблюдать инструкцию по пуску оборудования (технологической линии или нитки) и не допускать чрезмерного нагрева (перегрузки) оборудования, например, подшипников и пр., а также принять меры по обогреву оборудования при пуске его зимой в неотапливаемых помещениях.

Регулировка и испытание смонтированного технологического оборудования (технологической нитки) вхолостую допускается только тогда, когда оборудование полностью собрано и установлено, проверено качество выполненных работ и точность сборки, произведена смазка, регулировка и вращение от руки там, где это возможно, ограждены движущиеся и вращающиеся части. Для вращения от руки и обеспечения безопасного пуска некоторое оборудование снабжено специальными приспособлениями. В процессе регулировки и опробования технологического оборудования ограждения часто снимаются (или они еще не устанавливались), поэтому требуется особая осторожность и тщательное соблюдение требований охраны труда. Большую опасность представляют зубчатые передачи, куда могут попасть части одежды и волосы, во избежание этого необходимо принять меры личной безопасности. Пуск машины (технологической нитки) допускается при соблюдении установленной нормы освещения для рабочего помещения. Все открытые места и люки около машины должны быть закрыты, должны быть убраны части неустановленного оборудования, крепежные детали и ненужные предметы.

Лица, участвующие в пуске оборудования (технологической нитки), должны быть проинструктированы, заранее расставлены на рабочих местах и ознакомлены с техническими требованиями и условиями эксплуатации оборудования. Первая прокрутка технологической нитки производится в присутствии ответственных ИТР и при обязательном присутствии электриков. Рабочие-монтажники должны быть предупреждены о пуске. Пробная прокрутка технологического оборудования (технологической нитки) разрешается только тогда, когда фундаменты приобретут 100%-ную проектную прочность и подливка фундаментов цементом затвердеет.

Перед пробным испытанием технологического оборудования (технологической нитки) необходимо: освободить место у оборудования от грузоподъемных средств и других приспособлений, инструмента и материалов; проверить крепление фундаментных болтов и всего крепежа; проверить, удалены ли посторонние предметы, находящиеся как на оборудовании, так и внутри его (инструмент, обтирочные и смазочные материалы, рукавицы и пр.); особенно тщательно должны быть проверены вращающиеся и движущиеся части; убедиться в том,

что внутри оборудования никого нет; проверить состояние предохранительных и тормозных устройств, а также КИП; отрегулировать все узлы и проверить действие пусковых устройств и остановок, кнопок и фрикционных муфт; все вращающиеся и трущиеся поверхности смазать соответствующим смазочным материалом и наполнить масленки маслом; установить на вращающихся и движущихся частях ограждения и необходимые предупредительные надписи; установить и прочно закрепить площадки и лестницы; проверить заземление; ознакомиться с инструкцией по работе оборудования, а также с пуском и остановкой оборудования; ознакомиться с состоянием электрохозяйства предприятия; повернуть машину вручную несколько раз, чтобы убедиться в отсутствии препятствий движению механизмов; пустить воду для охлаждения машин (в холодном помещении — после 3...5 мин работы машины); дать сигнал о пуске машины (технологической нитки). Во избежание аварии рекомендуется раньше пускать электродвигатель и, если он работает нормально и вращается в нужном направлении, только тогда можно через муфту включить агрегат (технологическую нитку). При отсутствии у оборудования муфты его необходимо пускать прерывисто кнопкой «пуск» и только после этого пускать машину на более продолжительное время. После прокрутки оборудования (технологической нитки) вхолостую его останавливают для детального осмотра, проверки деталей, подтяжки фундаментных болтов и проверки всех креплений.

После опробования оборудования следует выключить пусковые устройства, запереть их и вывесить предупредительные таблички: «Машина на ревизии», «В ход не пускать».

Опробовать технологическое оборудование (технологическую нитку) под нагрузкой можно только после прокрутки его вхолостую и после осмотра всех частей оборудования (технологической нитки).

Во избежание несчастных случаев при пуске необходимо: предотвратить самопроизвольное включение электродвигателей и случайный пуск оборудования в работу; работы по пуску оборудования (технологической нитки) поручить опытным монтажникам, предварительно проинструктировав их; при работе оборудования на нескольких скоростях опробование начинать на самых малых и постепенно переходить на полный ход; проверить уро-

вень масла в масленках; машину содержать в чистоте, а полы не скользкими; не производить чистку и наладку частей машины на ходу и с переносных лестниц; следить за состоянием приводных ремней, канатов и цепей, лент, обрыв которых при работе представляет опасность; время от времени проверять, достаточно ли туго затянуты гайки фундаментных болтов.

Каждая смонтированная установка, находящяяся в ревизии, а также на исправлении дефектов после пробного пуска, должна быть отключена от электросети. На установке (технологической нитке) необходимо вывесить предупредительные таблички: «Машина на ревизии», «В ход не пускать». При необходимости поставить охрану.

Перед работой каждому монтажнику необходимо пройти инструктаж по пожарной безопасности, ознакомиться с пожарным инвентарем и средствами тушения. Изучить средства пожаротушения и научиться применять их при необходимости. Запрещается загромождать и закрывать пожарные проезды и проходы к пожарному инвентарю, оборудованию и пожарным кранам. Необходимо строго соблюдать меры противопожарной безопасности: быть осторожным с открытым огнем, особенно в цехах, где ведется монтаж теплоизоляции и там, где она выполнена, а также в действующих цехах.

Каждый слесарь-монтажник должен помнить: курение допускается только в установленных местах, оборудованных бачками или урнами с водой; нельзя оставлять без присмотра включенные электронагревательные приборы (электроплитки, электрочайники, паяльники и другие электроприемники); легковоспламеняющиеся материалы, их отходы, а также горючесмазочные материалы хранить в специально отведенных местах; не пользоваться открытым огнем для освещения темных мест, а также отогрева труб, батарей центрального отопления; не хранить в бытовках (вагончиках) горючесмазочные материалы и баллоны с газами (кислород, ацетилен и пропан-бутан); не разжигать костров; не сжигать отходы и мусор на территории стройки без разрешения органов Госпожарнадзора.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 3
Глава I. Принцип работы холодильных машин 5
1. Физические принципы искусственного охлаждения . . . 5
2. Паровые и воздушные холодильные машины 7
3. Холодильные агенты 9
4. Схемы двухступенчатых и каскадных холодильных машин 11
5. Схемы работы холодильных установок 13
Глава II. Оборудование холодильных установок . . . 25
1. Поршневые компрессоры 25
2. Винтовые компрессоры 39
3. Агрегаты АТКА 40
4. Агрегаты ХТМФ 55
5. Центробежные и поршневые насосы 59
6. Холодильные машины 67
7. Аппараты холодильных установок 69
8. Резервуары и изотермические хранилища 72
9. Материалы, применяемые для изготовления оборудования холодильных установок 74
10. Регулирование холодопроизводительности компрессоров . 75
Глава III. Производство монтажных работ. Общая часть . . 75
1. Подготовка к производству монтажных работ . . . 75
2. Условия поставки технологического оборудования . 77
3. Приемка фундаментов 79
4. Выверка и закрепление оборудования на фундаменте 82
5. Инструменты и способы выверки оборудования . 87
6. Виды испытаний смонтированного оборудования . . . 97
Глава IV. Такелажные работы 102
1. Основные такелажные механизмы и приспособления . 102
2. Строповка, вязка узлов, сращивание канатов 112
Глава V. Монтаж компрессоров, насосов, холодильных машин и аппаратов 120
1. Монтаж горизонтальных насосных агрегатов . 120
2. Монтаж аппаратов 122
Глава VI. Монтаж поршневых компрессоров . . 124
1. Монтаж горизонтальных оппозитных компрессоров 124
2. Монтаж маслосистем, присоединение трубопроводов . 129
3. Испытание и сдача компрессоров и комплексное опробование 130
Глава VII. Монтаж центробежных компрессорных машин 136
1. Монтаж мультипликатора, поступившего на площадку в собранном виде 136
2. Монтаж мультипликатора после ревизии . . 140
3. Монтаж турбокомпрессора 144
4. Разборка и сборка сборочных единиц агрегатов АТКА 146
5. Испытания турбокомпрессорного генератора 151
6. Особенности испытания турбокомпрессорных агрегатов ХТМФ 158
Глава VIII. Монтаж трубопроводов . . . 161
1. Монтаж технологических трубопроводов 161
2. Испытания трубопроводов холодильных установок . 170
Глава IX. Техника безопасности при монтаже технологического оборудования 172

БОРИС АЛЕКСАНДРОВИЧ ТЫРКИН

Монтаж холодильных установок

Редакция литературы по технологии строительных работ
Зав. редакцией Е. А. Ларина
Редактор Л. А. Кашани
Художественный редактор В. В. Кошмин
Технический редактор Г. Н. Орлова
Корректор Е. Б. Тотмина

ИБ № 3511

Сдано в набор 08.04.85. Подписано в печать 17.07.85.
Формат 84×108/32 Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная Печать высокая Усл. печ. л. 9,66 Усл. кр.-отт. 9,87
Уч.-изд. л. 10,17 Тираж 26 000 экз. Изд. № AVII-390
Заказ № 828 Цена 50 коп.

Стройиздат, 101442, Москва, Каляевская, 23а

Московская типография № 4 Союзполиграфпрома
при Государственном комитете СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли,
129041, Москва, Б. Переяславская, 46