

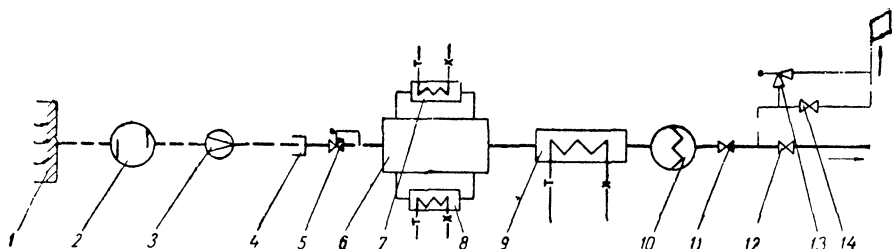
Б 688

И. Г. БЛЕЙХЕР
В. П. ЛИСЕЕВ

КОМПРЕССОРНЫЕ СТАНЦИИ

МАШГИЗ

Фильтр монтируется в виде панели, состоящей из металлических ячеек. Между диафрагмой 3 и дроссельным клапаном 5 устанавливается эластичный компенсатор 4 для компенсации температурных удлинений воздухопровода. Дроссельный клапан 5 обычно связан с регулятором, поддерживающим постоянное давление в напорном воздухопроводе тем, что, открывая или закрывая дроссельную заслонку, регулирует количество всасываемого воздуха. Водоотделитель 10 можно не устанавливать, если нет необходимости в получении сухого воздуха. На напорной линии воздухопровода обязательно устанавливается обратный и антипомпажный клапан 11. Главная задвижка 12



Фиг. 48. Принципиальная схема турбокомпрессорной воздушной установки

1 — приемник свободного воздуха; 2 — фильтр; 3 — диафрагма мерная; 4 — компенсатор; 5 — дроссель с регулятором; 6 — турбокомпрессор; 7 и 8 — промежуточные охладители воздуха после первой и второй группы колес; 9 — конечный охладитель; 10 — водоотделитель; 11 — обратный и антипомпажный клапан; 12 — главная задвижка; 13 — предохранительный клапан; 14 — выхлопная задвижка

и выхлопная задвижка 14 устанавливаются также для устранения помпажа (при уменьшении потребления сжатого воздуха в пневмосети открывают задвижку 14 и выпускают часть сжатого воздуха в атмосферу).

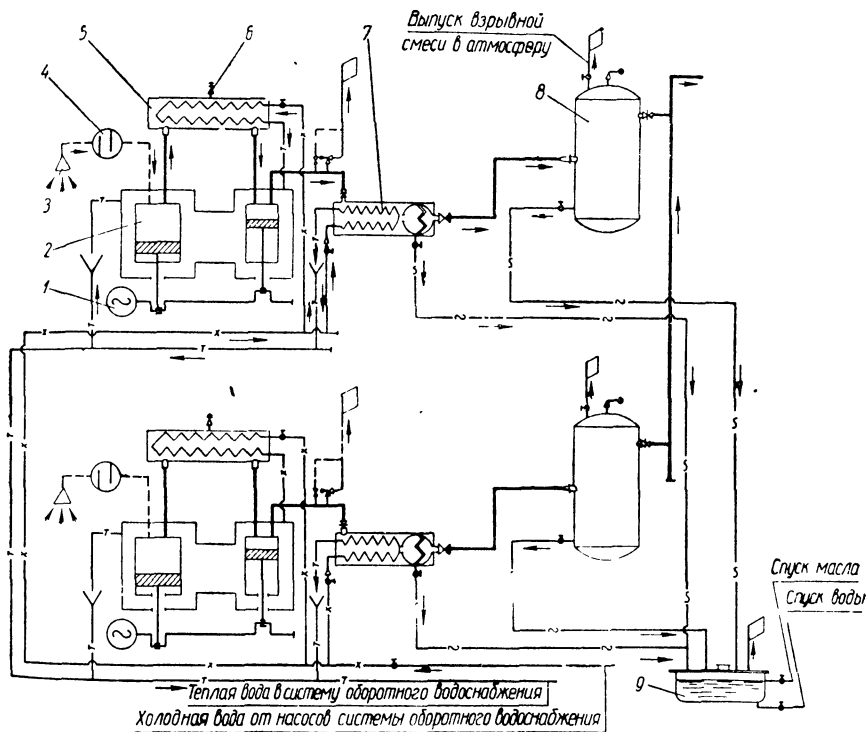
Выхлопная задвижка 14 необходима также при параллельной работе турбокомпрессора. В этом случае работа турбокомпрессора начинается при закрытой главной задвижке 12 и полностью открытой выхлопной задвижке 14.

Открытие задвижки 12 и закрытие задвижки 14 осуществляется постепенно; при этом необходимо следить по манометру за тем, чтобы давление воздуха в турбокомпрессоре соответствовало давлению в главном воздухопроводе.

К числу типичных схем компрессорных установок следует отнести также схему турбокомпрессорной установки с промежуточным отбором сжатого воздуха двух разных давлений от одного турбокомпрессора. При этом подача сжатого воздуха в пневмосеть осуществляется по отдельным нагнетательным трубопроводам. Такая схема может оказаться более рациональной, чем применение двух компрессорных установок с разными давлениями, а также если первоначальные затраты и ежегодные эксплуатационные расходы будут меньшими.

8 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ

Технологическая схема компрессорной станции составляется из типичных схем компрессорных установок. Желательно, чтобы схема компрессорной станции состояла из одинаковых компрессоров и одинакового состава вспомогательного оборудования к каждому компрессору. Это создает удобство в эксплуатации и в компоновке машинного зала.



Фиг. 49. Принципиальная схема компрессорной станции с двумя поршневыми компрессорами 200В-10/8

1 — электродвигатель; 2 — компрессор; 3 — воздухоприемник; 4 — фильтр; 5 — промежуточный охладитель; 6 — предохранительный клапан; 7 — конечный охладитель с масловодоотделителем; 8 — воздухосорбник; 9 — бак для сбора воды и масла при продувах как сосудов

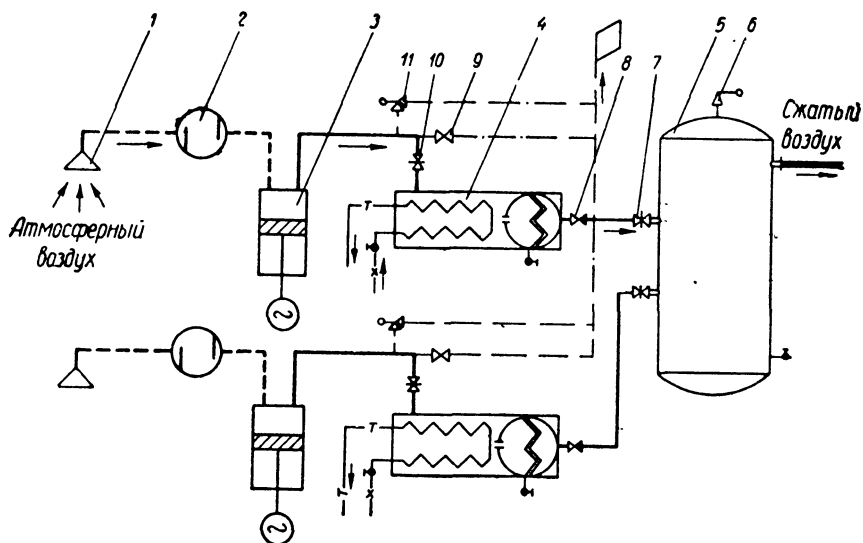
На фиг. 49 показана схема компрессорной станции с двумя поршневыми компрессорами 200В-10/8, которые работают параллельно и подают сжатый воздух в общую магистраль.

Атмосферный воздух засасывается через воздухоприемник 3, очищается в фильтре 4 от механических примесей и поступает в компрессор 2. Сжатый в компрессоре воздух подается для охлаждения

и очистки от масла в конечный охладитель 7 со встроенным в него масло- водоотделителем. Из конечного охладителя сжатый воздух поступает в воздухохоборник 8, из которого направляется в пневмосеть.

Схема позволяет осуществлять одновременную работу двух компрессорных установок, включать или выключать любую из них.

Подобные агрегатные схемы производства сжатого воздуха позволяют принять экономичную планировку помещений компрессорной станции, а также облегчают монтаж и эксплуатацию оборудования.



Фиг. 50. Принципиальная схема с двумя поршневыми компрессорными установками, работающими на один воздухохоборник:

- 1 — воздухоприемник; 2 — фильтр; 3 — компрессор; 4 — конечный охладитель с масловодоотделителем; 5 — воздухохоборник; 6 — клапан предохранительный; 7 — задвижка запорная; 8 — обратный клапан; 9 — разгрузочный вентиль; 10 — запорная задвижка; 11 — клапан предохранительный.

Кроме того, такая схема позволяет применить автоматизацию включения и выключения компрессорных установок в зависимости от потребления сжатого воздуха.

Два небольших по производительности поршневых (или ротационных) компрессора могут работать на один воздухохоборник (фиг. 50). Соединение нагнетательных трубопроводов следует осуществлять только в воздухохоборнике, так как при соединении нагнетательных участков трубопроводов до воздухохоборника возможны совпадения максимумов пульсирующих потоков воздуха, повышение давления на отдельных участках трубопроводов и увеличение мощности, потребляемой компрессорами.

Принципиальная схема компрессорной станции с приводом компрессоров от теплофикационных турбин водяного пара показана на фиг. 51.

Пар на турбины 3 поступает из котельной. Сжатие атмосферного воздуха производится турбокомпрессорами 4, работающими на общую сеть через воздухоборники 7, которые желательно устанавливать для выравнивания нагрузки компрессоров при пиковых нагрузках сети.

Известные и применяемые типовые проекты компрессорных станций с поршневыми и ротационными компрессорами низкого давления (8 *атм*) имеют схемы, аналогичные приведенным, и отличаются только количеством примененных установок.

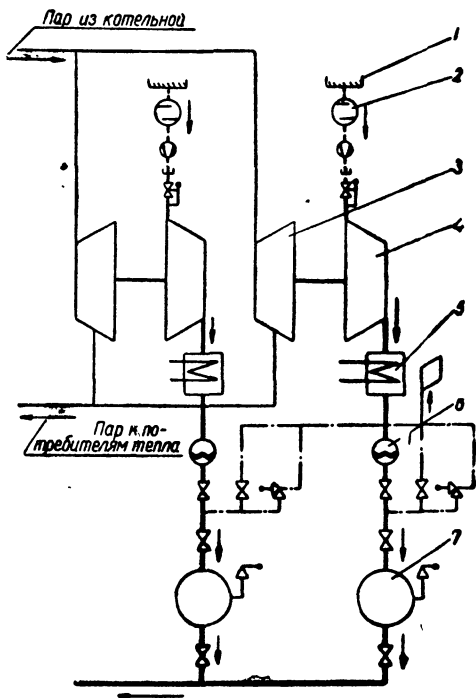
4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Высокими давлениями для сжатого воздуха считаются давления от 60 до 350 *атм*. Для получения сжатого воздуха высокого давления обычно используются многоступенчатые поршневые компрессоры.

Технологическая схема каждой компрессорной станции высокого давления зависит от принятых типов компрессоров и требований, предъявляемых к сжатому воздуху.

На фиг. 52 представлена принципиальная технологическая схема компрессорной станции с двумя четырехступенчатыми компрессорами 2р-3/220 и одной установкой для осушки воздуха. Производительность каждого компрессора 3 $\text{м}^3/\text{мин}$, конечное давление сжатия 220 *атм*.

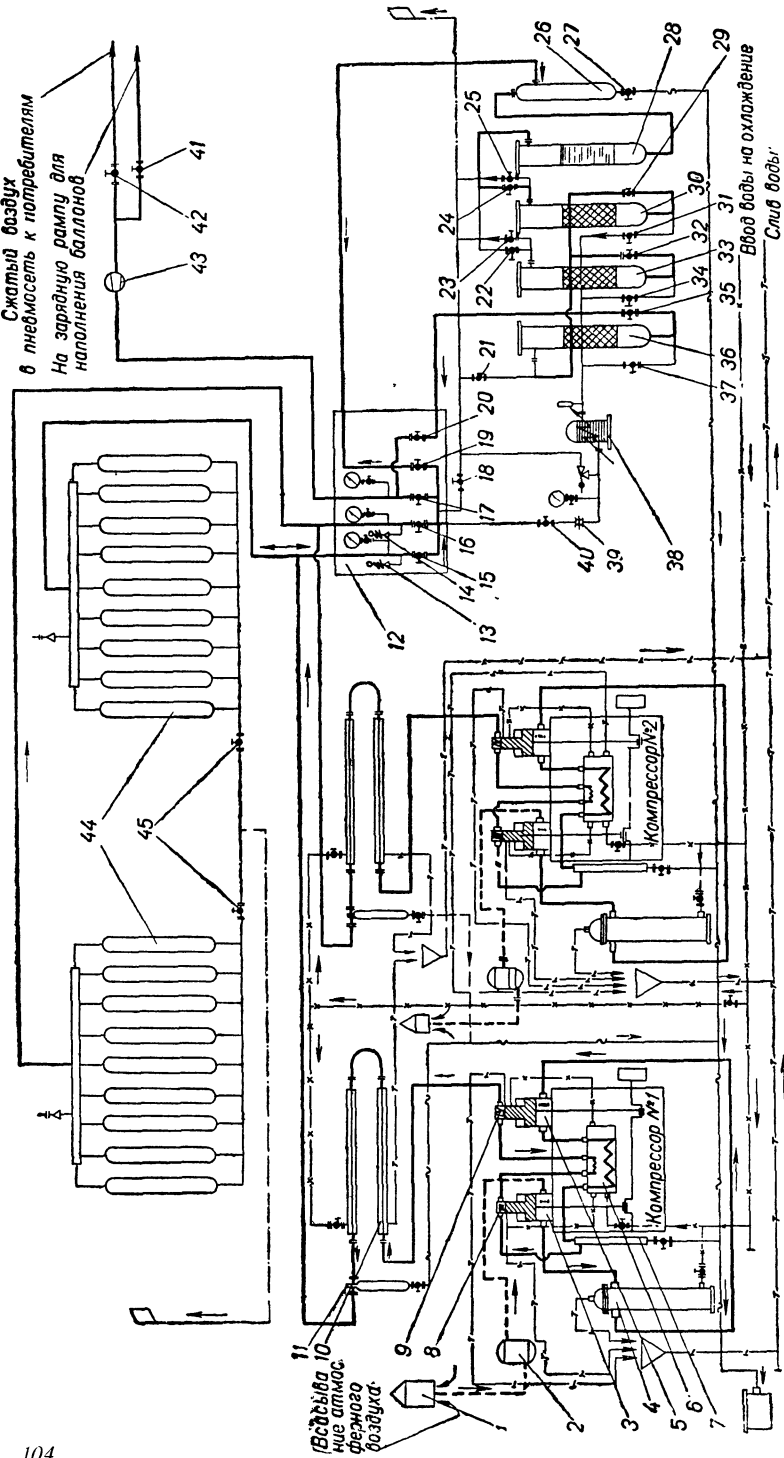
Атмосферный воздух поступает в воздухоприемник 1, проходит фильтр 2, сжимается в первой ступени 3 компрессора и подается в промежуточный охладитель 4, из которого поступает во вторую ступень 5, в промежуточный охладитель 6 и маслоотделитель 7, а затем на третью ступень 8. Из третьей ступени компрессора воздух подается в промежуточный охладитель 6, а затем в четвертую ступень 9, из



Фиг. 51. Схема компрессорной станции с приводом турбокомпрессоров от теплофикационных турбин водяного пара:

- 1 — приемник атмосферного воздуха;
- 2 — фильтр; 3 — турбина; 4 — турбокомпрессор;
- 5 — конечный охладитель сжатого воздуха; 6 — водоотделитель; 7 — воздухоборник

Сжатый воздух
в пневмосеть к потребителям
На зарядную раму для
наполнения баллонов



Фиг. 32. Принципиальная технологическая схема компрессорной станции высокого давления с двумя четырехступенчатыми компрессорами 2р-3/220 и одной установкой для осушки воздуха (условные обозначения см. в приложении III).

которой под давлением 220 *ати* направляется через конечный охладитель 10 и масловодоотделитель 11 к воздухохранительным баллонам 44 и щиту управления 12.

Запорные вентили, размещенные на щите управления 12, позволяют регулировать направление движения воздуха. При открытых вентилях 15 или 16 и 17 и закрытых вентилях 18, 19 и 20 сжатый воздух, минуя осушительную установку, направляется прямо в сеть или на зарядную рампу. При необходимости подачи в пневмосеть осушенного воздуха вентиль 17 держат закрытым, а вентили 19 и 20 — открытыми.

Процесс осушки сжатого воздуха по данной схеме происходит в следующем порядке: сжатый воздух, выходящий из масловодоотделителя 11, проходит через открытые вентили 15 и 19 (при закрытом вентиле 18) и поступает в маслоотделитель 26, фильтр 28 и осушители воздуха 30 и 36 или через 28, 33 и 36. Из осушителя 36 сжатый воздух направляется на щит управления 12, для чего открывают вентили 35 и 20 (вентиль 17 при этом должен быть закрытым). Со щита управления воздух может подаваться в пневмосеть предприятия (вентиль 42 открывают) или на зарядную рампу для наполнения баллонов сжатым воздухом (при открытом вентиле 41).

Для восстановления адсорбента осушителей (алюмогеля или силикагеля) открывают вентили 40, 37, 34, 31, 21, 23 и 25. Вентили 18 и 20 при этом должны быть закрытыми. Сжатый воздух из компрессоров или воздухохранительных емкостей, проходя дроссельную диафрагму или редуктор 39 и электрический подогреватель 38, а также баллоны 36, 33 и 30, уносит с собой в атмосферу влагу, осевшую на адсорбентах осушителей.

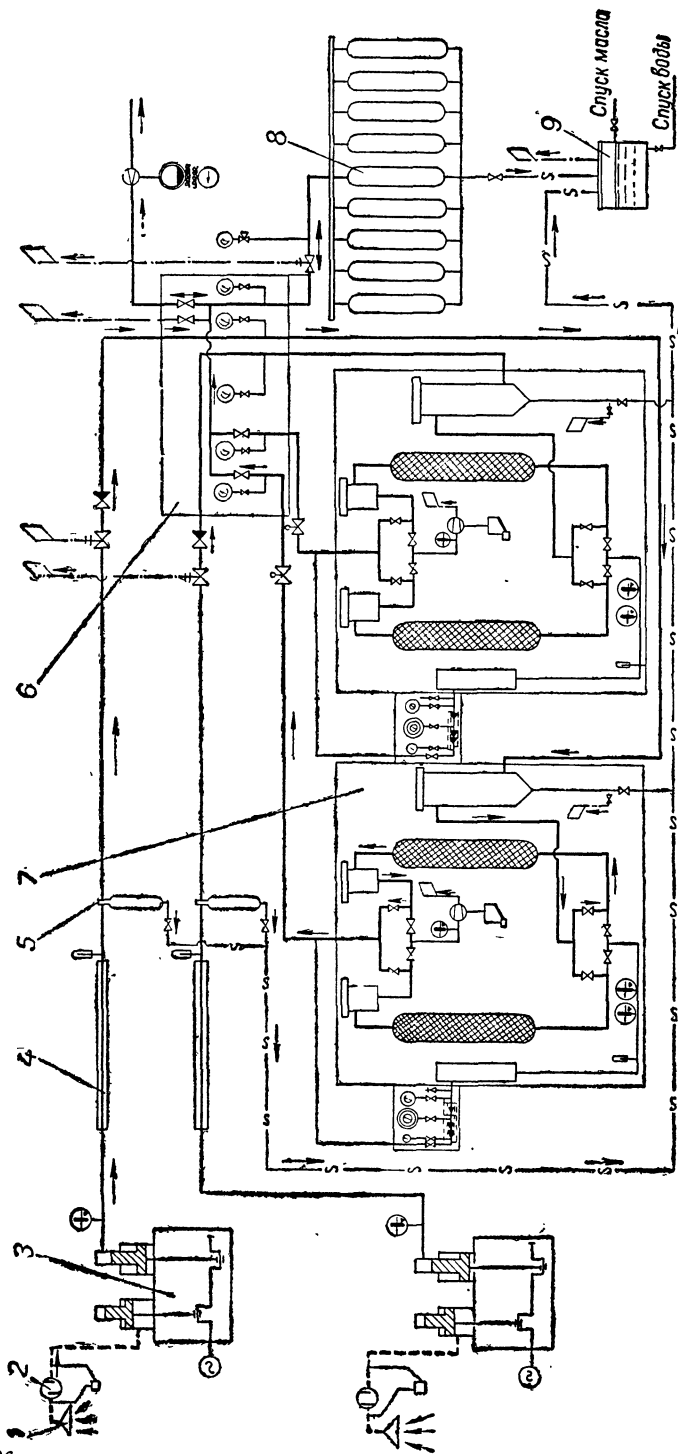
Для контроля давления сжатого воздуха на щите управления и у электроподогревателя имеются показывающие манометры.

На фиг. 53 показана принципиальная технологическая схема компрессорной станции высокого давления с двумя компрессорами и осушкой воздуха в двух осушительных установках.

В отличие от схемы, приведенной на фиг. 52, на рассматриваемой схеме (фиг. 53) сжатый воздух, выходящий из масловодоотделителей 5, поступает на щит 6, откуда направляется только в осушительные установки 7. Этим достигается подача в воздухохранительные емкости и в пневмосеть только осушенного воздуха.

Наличие двух самостоятельных компрессорных и осушительных установок позволяет лучше эксплуатировать оборудование и производить ремонтные работы, не нарушая непрерывность подачи сжатого воздуха в пневмосеть предприятия.

На схеме указаны основные места установки контрольно-измерительных приборов (контрольно-измерительные приборы, поставляемые с оборудованием, на изображенной схеме не показаны). Подобно рассмотренным схемам (фиг. 52 и 53) составляются схемы компрессорных станций с тремя и более компрессорными установками, производящими сжатый воздух давлением 220 и 350 *ати*.



Фиг. 53. Принципиальная технологическая схема компрессорной станции с двумя компрессорами 2р-3/220 и двумя установками для осушки воздуха высокого давления:

1 — воздухоприемник, 2 — фильтр, 3 — компрессор, 4 — конечный охладитель, 5 — масловодоотделитель; 6 — щит контроля и управления; 7 — установка осушки воздуха; 8 — воздухохранительные емкости; 9 — бак для сбора воды и масла при продувке сосудов.

НАГРУЗКИ НА КОМПРЕССОРНУЮ СТАНЦИЮ И МЕТОДЫ ИХ РАСЧЕТА

1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ

Нагрузкой на компрессорную станцию называется количество воздуха, необходимое пневмоприемникам (с учетом потерь), соответствующее производительности компрессоров в рассматриваемый промежуток времени, т. е.

$$Q = Q_n + q = Q_k \text{ м}^3/\text{мин.},$$

где Q_n — количество воздуха, полезно расходуемое пневмоприемниками в единицу времени, $\text{м}^3/\text{мин.}$;

q — количество потерь воздуха, имеющих место при выработке, транспортировании и потреблении сжатого воздуха в соединениях трубопроводов с арматурой, в гибких шлангах, а также из-за утечек при продувках сосудов и у неработающих пневмоприемников, $\text{м}^3/\text{мин.}$

Q_k — производительность работающих компрессоров, соответствующая нагрузке на них в единицу времени, $\text{м}^3/\text{мин.}$

Нагрузка на компрессорную станцию может быть неполной $Q \leq 0,5 Q_k$; средней $0,5 < Q \leq 0,75 Q_k$ и максимальной.

Максимальную нагрузку на компрессорную станцию условно расчлняют на максимальную длительную и максимальную возможную нагрузку: $Q_k > Q > 0,75 Q_k$ — максимальная длительная нагрузка; $Q = Q_k$ — максимальная возможная нагрузка.

Максимальная длительная нагрузка длится 20—30 мин. и покрывается на 75—90 % всеми работающими компрессорами, за исключением находящихся в резерве или в планово-предупредительном ремонте. Для покрытия максимальной возможной нагрузки включают в работу все, даже резервные компрессорные агрегаты.

Средняя, максимальная длительная и максимальная возможная нагрузки на компрессорную станцию позволяют определить: установленную, рабочую и резервную производительности компрессорной станции; расходы электрической или другого вида энергии для получения сжатого воздуха, воды и вспомогательных материалов при производстве сжатого воздуха; диаметры внутрицевыхых и межцевыхых трубопроводов сжатого воздуха; стоимость 1 м^3 сжатого воздуха.

2. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗОК НА КОМПРЕССОРНУЮ СТАНЦИЮ

Определение нагрузки на компрессорную станцию производится укрупненным или расчетным методами. Укрупненный метод основан на применении средних норм удельных расходов сжатого воздуха на единицу продукции или на каждую из операций обслуживаемого

процесса. Средние удельные нормы устанавливаются опытным путем и с течением времени пересматриваются в сторону снижения.

По укрупненному методу суммарный годовой расход воздуха определяется по формуле

$$Q_z = \alpha A_z \text{ м}^3,$$

где α — средний удельный расход воздуха на единицу продукции (или на обслуживаемый процесс);

A_z — годовой выпуск продукции в соответствующих единицах (или же общее годовое число часов обслуживания процесса).

Отсюда средняя нагрузка в рабочую часть года определяется по формуле

$$Q_{ср} = \frac{Q_z}{\tau_{\text{раб. г}}} \text{ м}^3/\text{час},$$

где $\tau_{\text{раб. г}}$ — часть года в часах, соответствующая времени потребления сжатого воздуха.

Максимальная нагрузка по приближенному методу определяется по формуле

$$Q_{\text{max}} = K_{\text{max}} Q_{ср} \text{ м}^3/\text{час},$$

где K_{max} — коэффициент, учитывающий максимум потребления сжатого воздуха.

Приближенный метод находит применение при перспективном планировании и составлении проектного задания воздухообеспечения предприятия в три стадии.

При выполнении проектного задания в две стадии или реконструкции действующего предприятия среднюю и максимальную нагрузки на компрессорную станцию следует определять, пользуясь расчетным методом, приемлемым, когда известны типы и количество пневмоприемников и их можно разделить на два вида: пневмоинструменты (кратковременный режим работы) и пневмооборудование (длительный режим работы).

По расчетному методу средняя расчетная нагрузка на компрессорную станцию определяется по формуле

$$Q_{ср} = Q_{ср. \text{instr.}} + Q_{ср. \text{обор}} \text{ м}^3/\text{мин},$$

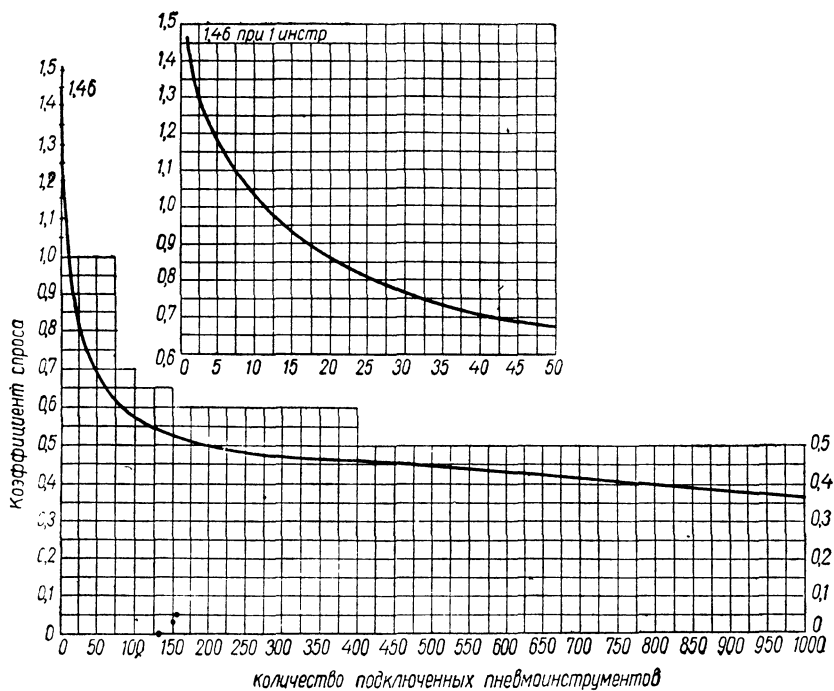
где $Q_{ср. \text{instr.}}$ — средний расход воздуха однотипной группой пневмоинструментов, определяемый по формуле

$$Q_{ср. \text{instr.}} = n_{\text{instr.}} q_{\text{instr.}} K_{ср} = \\ = n_{\text{instr.}} q_{\text{instr.}} K_{\text{загр}} K_{\text{одн}} K_{\text{изч}} K_{\text{ут}} \text{ м}^3/\text{мин}; \quad (5)$$

$Q_{ср. \text{обор}}$ — средний расход воздуха однотипной группой пневмооборудования, определяемый по формуле

$$Q_{ср. \text{обор}} = n_{\text{обор}} q_{\text{обор}} K_{\text{исп}} K_{\text{изч}} K_{\text{ут}} \text{ м}^3/\text{мин}, \quad (6)$$

где $n_{\text{instr.}}$ и $n_{\text{обор}}$ — соответственно количество однотипных групп пневмоинструментов и пневмооборудования;



Фиг. 54. График коэффициента спроса

$Q_{инстр}$ и $Q_{обор}$ — номинальные расходы воздуха, отнесенные к условиям всасывания компрессором, соответственно одним пневмоприемником и одним — пневмооборудованием при непрерывной работе в единицу времени;

$K_{спр}$ — коэффициент спроса, учитывающий загрузку пневмоинструмента $K_{загр}$, одновременность работы группы однотипных пневмоинструментов $K_{одн}$, производительные потери воздуха пневмоинструментами за счет износа пневмоинструментов $K_{изн}$, а также потери воздуха за счет утечек в соединениях трубопроводов, арматуры и в шлангах $K_{ут}$; коэффициент спроса может быть определен по графикам (фиг. 54). Кривая коэффициента спроса составлена по данным расходов воздуха на судостроительных заводах. Отношение действительно расходуемого воздуха $Q_{д.расх}$ к полезно затраченному воздуху $Q_{п.затр}$ составляет 1,33. Коэффициент спроса тем меньше, чем больше однотипных групп пневмоинструментов с кратковременным режимом работы подключено к пневмосети, питающейся от компрессорной станции;

- $K_{загр}$ — коэффициент, максимальной возможной загрузки составляет данная загрузка приемника с длительным режимом работы. При небольшой серийности производства $K_{загр} = 0,5—0,7$;
- $K_{одн}$ — коэффициент одновременности работы однотипных пневмоприемников показывает, какая часть всех установленных приемников находится в работе. Коэффициент одновременности может быть принят по табл. 17;
- $K_{изч}$ — коэффициент, учитывающий увеличение паспортного удельного расхода воздуха пневмоинструментом вследствие его износа. Допускается работа пневмоинструментов, имеющих $K_{изч} = 1,1—1,15$ и пневмооборудования, имеющего $K_{изч} = 1,5—1,8$;
- $K_{ут}$ — коэффициент, учитывающий утечки воздуха в магистральных и внутрицеховых воздухопроводах, арматуре и у работающих пневмоприемников, а также при продувках сосудов. Обычно $K_{ут} = 1,20—1,25$;
- $K_{исп}$ — коэффициент использования пневмооборудования определяется по формуле

$$K_{исп} = \frac{t}{T},$$

где t — время (в часах) за смену, в течение которой расходуется воздух пневмооборудованием;

T — продолжительность (в часах) одной смены.

Коэффициент использования можно принимать по табл. 18.

Коэффициент использования пневмоприемника, принимаемый при расчете расхода воздуха, отличается от коэффициента использования, который принимается технологом при расчете (выборе) оборудования или инструмента. Отличие их заключается в том, что под временем работы пневмоприемника за смену технологи понимают время всех технологических операций, выполняемых этим пневмоприемником, в том числе вспомогательных, не считаясь с тем, что только часть операций происходит с расходом воздуха. Отсюда $K_{исп}$ для расчетов расхода воздуха меньше $K_{исп}$, принимаемого при выборе пневмоприемника. Коэффициенты использования в каждом отдельном случае могут быть различными, в зависимости от режима работы пневмоприемника и условий производства (индивидуальное, серийное или массовое).

В формуле (5) потери воздуха из-за утечек учтены коэффициентом $K_{учет}$ только от количества работающих пневмоинструментов (коэффициента $K_{одн}$), поэтому при определении средней расчетной нагрузки на компрессорную станцию следует учитывать также потери воздуха от утечек и у неработающих, но подключенных к пневмосети инструментов по формуле

$$Q_{ср. расч} = \sum_1^n Q_{ср. i} + q,$$

Количество воздушных приемников . . .	2	3	4	5	6	7	8	10	12	15	20	30	50
Коэффициент одновременности . . .	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,77	0,75	0,7	0,67	0,6	0,58	0,5	0,5

Таблица 18

Значения коэффициентов использования пневмоприемников

Наименование пневмоприемника	$K_{исп}$
Прессы для клепки	0,3 — 0,5
Зубила (рубильные молотки)	0,2 — 0,4
Трамбовки	0,2 — 0,4
Вибраторы	0,3 — 0,5
Сопла для перемешивания жидкостей	0,6 — 0,8
Пескоструйные камеры	0,6 — 0,8
Краскораспылители	0,6 — 0,8
Молота свободнойковки	0,35 — 0,55
Молота штамповочные	0,45 — 0,65
Прессы	0,55 — 0,75
Дрели	0,1 — 0,2
Молотки	0,06 — 0,14
Обдувочные сопла	0,08 — 0,2
Пневмоподъемники	0,02 — 0,06
Пневмопатроны	0,02 — 0,08
Формовочные машины	0,1 — 0,2

где $\sum Q_{ср,i}$ — сумма средних расходов воздуха отдельными однотипными группами пневмоприемников;

q — потери воздуха у неработающих пневмоприемников, в трубопроводах, арматуре и т. п., количество которых определяется опытным путем.

Следует учитывать, что коэффициент использования ($K_{исп}$) — это не одно и то же, что коэффициент одновременности ($K_{одн}$). Коэффициент использования показывает степень использования одного пневмоприемника в течение длительного отрезка времени, например не менее одного часа, а коэффициент одновременности показывает степень одновременного участия в расходе воздуха группы однотипных пневмоприемников в течение какого-то минимального отрезка времени (для пневмоприемников — в течение одной минуты).

Однако между ними есть то общее, что каждый на них показывает степень использования пневмоприемника в результате неполного использования его в производстве в течение часа, суток, года и т. п.

Приведенные формулы (5) и (6) действительны при условии, что однотипные пневмоприемники работают с одинаковыми коэффи-

Расчет расхода воздуха пневмоприемниками завода

Наименование потребителя сжатого воздуха (корпус, блок цехов, цех, пневмоприемник)	Тип или марка пневмоприемника	Количество отдельных пневмоприемников, подключенных к сети воздухопроводов и работающих в наибольшую смену n , шт	Номинальный расход сжатого воздуха при непрерывной работе одного пневмоприемника $Q_{н. м^3/мин}$	Коэффициент		
				использования оборудования $K_{исп}$	одновременности работы инструментов $K_{одн}$	износа пневмоприемника $K_{изн}$
<i>Корпус № 1</i>						
а) Литейный цех						
Формовочная машина	232	1	0,47	0,6	—	1,1
Формовочная машина	254	3	0,75	0,6	—	1,1
Формовочная машина	271	4	0,23	0,6	—	1,1
Машина для выбивки стержней	411	1	4,00	0,6	—	1,1
Гидропескоструйная камера	—	1	4,00	0,4	—	1,2
Пневмотрамбовка	ТР-4	2	0,7	0,3	—	1,1
Пневмотрамбовка	ТР-2	4	0,5	0,3	—	1,1
Пневмозубило	РК-44	12	0,7	—	0,67	1,15
Сопло для обдувки	Ду3 мм	10	0,2	—	0,7	1,2
Итого по цеху	—	—	—	—	—	—
б) Кузнечный цех						
в) Цех металлопокрытий						
<i>Всего по корпусу № 1</i>				По данным отдельного расчета		
<i>Корпус № 2</i>						
<i>Корпус № 3</i>						
<i>Корпус № 4</i>						
<i>Корпус № 5</i>						
<i>Корпус № 6</i>						
Всего по заводу				То же		

«Красный Октябрь» (давление воздуха у потребителей до 8 атм.)

Средний расход воздуха пневмоприемниками без учета потерь, м ³ /мин			Количество потерь воздуха вследствие утечек в трубопроводах, шлангах, арматуре и неработающих пневмоприемниках q, м ³ /мин	Средний расчетный расход воздуха всеми пневмоприемниками с учетом потерь Q _{ср.расч} = Q _{ср.п} + q, м ³ /мин	Коэффициент, учитывающий максимальное потребление воздуха K _м	Максимальный расход воздуха Q _{так} = Q _{ср.расч} · K _м , м ³ /мин
пневмооборудованием Q _{ср.обор} = nQ _н · K _{исп} · K _{изн}	пневмоинструментами Q _{ср.инстр} = nQ _н · K _{обн} · K _{изн}	общий Q _{ср.п} = Q _{ср.обор} + Q _{ср.инстр}				
0,31	—	0,31	0,078	0,39		
1,50	—	1,50	0,375	1,88		
0,1	—	0,61	0,152	0,76		
2,64	—	2,64	0,660	3,30		
1,92	—	1,92	0,280	2,20		
0,46	—	0,46	0,115	0,58		
0,66	—	0,66	0,165	0,83		
—	6,46	6,46	1,620	8,08		
—	1,68	1,68	0,420	2,10		
—	—	—	—	20,12	1,4	28,17
				8,88	1,4	12,40
				7,91	1,4	11,20
				36,91	1,4	51,77
				18,20	1,4	25,53
				13,35	1,4	18,70
				6,68	1,5	10,00
				6,06	1,5	8,50
				3,67	1,5	5,50
				84,87	—	120,00

циентами нагрузки $K_{нагр}$, коэффициентами использования $K_{исп}$ и коэффициентами износа $K_{изн}$.

Коэффициентом нагрузки $K_{нагр}$ называется отношение расхода воздуха при работе оборудования на неполную мощность $Q_{нм}$ к расходу его при работе с номинальной мощностью Q_m , т. е.

$$K_{нагр} = \frac{Q_{нм}}{Q_m} \leq 1.$$

На некоторых предприятиях имеют место односменное, сезонное или кратковременное увеличение расхода воздуха за счет включения или одновременной работы крупных потребителей сжатого воздуха. Это увеличение расхода воздуха создает максимальный расход воздуха, т. е. максимальную нагрузку на компрессорную станцию, которая определяется по формуле

$$Q_{max} = K_{max} \cdot Q_{ср. расч} \text{ м}^3/\text{мин},$$

где K_{max} — коэффициент максимума, который принимается равным 1,2—1,5 в зависимости от характера нагрузки, возможного одновременного включения в работу большого количества пневмоприемников или перераспределения загрузки смен. Большие значения K_{max} относятся к меньшему количеству потребителей с большими расходами воздуха при сравнительно редком включении.

По максимальному расходу воздуха Q_{max} определяют диаметры трубопроводов сжатого воздуха и максимальную длительную нагрузку на компрессорную станцию, которая лежит в основе расчета и выбора компрессоров для компрессорной станции.

Максимальная длительная нагрузка на компрессорную станцию определяется по формуле

$$Q_{мд} = \beta \sum_1^n Q_{max}, \quad (7)$$

где β — коэффициент неодновременности, учитывающий несоответствие во времени слагаемых максимальных нагрузок; в зависимости от состава и числа групп пневмоприемников с неодинаковыми режимами работы он может иметь различные значения (в среднем $\beta = 0,85 — 0,95$ и с увеличением числа разных групп уменьшается);

$\sum_1^n Q_{max}$ — сумма максимальных расходов воздуха всеми потре-

бителями, питающимися сжатым воздухом от компрессорной станции в рассматриваемую единицу времени.

Пример расчета расхода воздуха для определения нагрузок на компрессорную станцию приведен в табл. 19.

3. РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ

Производительность компрессорной станции бывает установленной, рабочей и резервной.

Установленная производительность компрессорной станции представляет собой сумму номинальных производительностей всех компрессоров, установленных на станции, включая резервные:

$$Q_{уст} = \sum_1^n Q_{кi} = Q_{раб} + Q_{рез},$$

где $Q_{кi}$ — номинальная производительность компрессора по всасываемому воздуху, $м^3/мин$ или $м^3/час$, обычно указывается в паспорте компрессора;

$Q_{раб}$ — рабочая производительность компрессорной станции, равная максимальной длительной нагрузке на станцию $Q_{мд}$;

$Q_{рез}$ — производительность компрессоров, находящихся в резерве.

Таким образом, принимая в расчетах $Q_{раб} = Q_{мд}$, получим

$$Q_{уст} = Q_{мд} + Q_{рез}.$$

Расчет установленной производительности компрессорной станции сводится к определению:

- 1) максимальной длительной нагрузки на компрессорную станцию;
- 2) производительности и количества компрессоров, устанавливаемых в компрессорной станции;
- 3) типов устанавливаемых компрессоров.

Установленную производительность компрессорной станции следует принимать такой, чтобы работающие компрессоры покрывали максимальную длительную нагрузку не менее чем на 75—90%, т. е.

$$\eta = \frac{Q_{уст} - Q_{к}}{Q_{мд}} \cdot 100 = 75 - 90\%, \quad (8)$$

где η — покрытие максимальной нагрузки на компрессорную станцию при выходе из строя наибольшего по производительности компрессора, %;

$Q_{уст}$ — сумма номинальных производительностей всех компрессоров, установленных в компрессорной станции, $м^3/мин$;

$Q_{к}$ — производительность наибольшего компрессора, подлежащего ремонту или находящегося в резерве, $м^3/мин$;

$Q_{мд}$ — максимальная длительная нагрузка на компрессорную станцию, $м^3/мин$.

Установленную производительность компрессорной станции определяют, задавшись единичной производительностью, количеством и типом компрессоров. Если принять, что единичные производительности устанавливаемых на станции компрессоров одинаковы, то число рабочих машин определяется по формуле

$$m = \frac{Q_{мд}}{Q_{к}}. \quad (9)$$

При нагрузках, для которых получается дробное число рабочих машин, необходимо руководствоваться следующим правилом. Если дробь в формуле (9) меньше 0,5, то к машинам данной марки дополнительно устанавливается одна машина меньшей производительности. В случаях, когда дробная часть больше 0,5, то все компрессоры принимаются одинаковой производительности, и число машин следует брать ближайшее большее.

В машинном зале компрессорной станции следует устанавливать 3—4, но не более 8 компрессорных агрегатов, включая резервные.

Производительность резервного компрессора определяют после того как выбраны типы и производительности рабочих компрессоров; при этом необходимо, чтобы производительность резервного компрессора была максимальной производительностью.

При неоднотипном оборудовании, особенно разных по производительности компрессоров, желательно в компрессорной станции иметь в качестве резервных агрегатов по одному агрегату каждого типа. Однако во всех случаях нужно учитывать изменение нагрузки по сменам, перспективы роста нагрузок, дефицитность определенных марок компрессоров и характер предприятия, на котором сооружается компрессорная станция, с тем, чтобы не создавать лишний резерв оборудования. Количество резервных агрегатов компрессорной станции влияет на капитальные и эксплуатационные расходы. Особенно величина резерва влияет на расходы по оплате установленной электрической мощности компрессорной станции и на себестоимость сжатого воздуха. Количество резервных компрессорных агрегатов желательно иметь такое, чтобы обеспечивалась возможность планово-предупредительного ремонта компрессоров без уменьшения рабочей производительности станции.

При необходимости иметь на компрессорной станции 100 %-ный резерв, число установленных на станции компрессоров m должно быть равно

$$m = \frac{Q_{мд}}{Q_k} + 1,$$

т. е. такое количество компрессоров, которое при выходе из строя одного компрессора, обеспечивает потребителей сжатым воздухом на 100 %.

Тип компрессора (поршневой, ротационный или турбокомпрессор) принимают исходя из производительности выпускаемых промышленностью компрессоров с учетом рекомендаций, изложенных в гл. I.

При выборе типа компрессора следует также учитывать опыт работы компрессорных станций в отечественной промышленности.

Пример. Известны максимальные длительные нагрузки на компрессорную станцию в первую и во вторую смены работы предприятия.

Определить установленную производительность компрессорной станции, число и единичные производительности компрессоров.

Составим табл. 20 по приведенной ниже форме и, заполняя ее, произведем расчеты и выбор варианта.

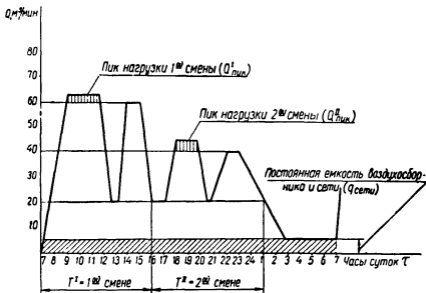
Расчет установленной производительности и выбор варианта компрессорной станции (давление сжатого воздуха — 8 атм)

Показатели	Возможный вариант			
	I	II	III	IV
Единицы измерения				
Максимальная длительная нагрузка на компрессорную станцию в первую смену	100 60	100 60	100 60	100 60
Производительность компрессора:				
марки А	50	40	40	25
марки Б	—	—	20	—
Количество устанавливаемых компрессоров при одном резервном:				
марки А	3	3	3	4
марки Б	—	—	1	—
Установленная производительность компрессорной станции	$Q_{уст} = 3 \times 50 = 150$	$Q_{уст} = 3 \times 40 = 120$	$Q_{уст} = 3 \times 40 + 1 \times 20 = 140$	$Q_{уст} = 4 \times 25 = 100$
Обеспечение максимальной длительной нагрузки (по формуле 8)	$\eta = \frac{150-50}{100} \cdot 100 = 100$	$\eta = \frac{120-40}{100} \cdot 100 = 80$	$\eta = \frac{140-40}{140} \cdot 100 = 100$	$\eta = \frac{100-25}{100} \cdot 100 = 75$
Использование компрессоров для обеспечения нагрузки во вторую смену	$P = \frac{60}{50+50} \cdot 100 = 60$	$P = \frac{60}{40+40} \cdot 100 = 75$	$P = \frac{60}{40+20} \cdot 100 = 100$	$P = \frac{60}{25+25+25} \times 100 = 80$
Возможная производительность компрессорной станции	50; 100, 150	40; 80; 120	20; 40; 60; 80; 100; 120; 140	25; 50; 75; 100

Анализ рассмотренных вариантов (по количеству компрессоров и установленной производительности станции) показывает, что третий вариант является наилучшим, так как обеспечивается 100%-ная максимальная длительная нагрузка в первую смену, 100% — использование компрессоров во вторую смену и наиболее гибкая работа компрессорной станции при изменении нагрузок.

4. ГРАФИКИ НАГРУЗОК НА КОМПРЕССОРНУЮ СТАНЦИЮ

Изменения нагрузок на компрессорную станцию можно изобразить графиком потребления сжатого воздуха, который будет показывать степень использования работающих компрессорных установок в определенные отрезки времени.



Фиг. 55. Суточный график нагрузки на компрессорную станцию машиностроительного завода, работающего в две смены.

На фиг. 55 представлен суточный график нагрузки на компрессорную станцию машиностроительного завода, на котором основными потребителями сжатого воздуха являются пневмоинструменты. На компрессорной станции установлены 4 компрессора номинальной производительностью по 20 м³/мин каждый. Один из компрессоров резервный. Во вторую смену потребление сжатого воздуха составляет 60—65% от расхода в первую смену.

При работе трех компрессоров в 1-ю смену и при работе двух компрессоров во 2-ю смену пиковые нагрузки $Q'_{пик}$ и $Q''_{пик}$, соответствующие максимальным расходам, обеспечиваются воздухом за счет объемов воздухопроводов и емкости сети воздухопроводов.

График показывает, что потребление сжатого воздуха в течение

суток происходит неравномерно. Площадь, ограниченная осью абсцисс, кривой графика и крайними ординатами, соответствует количеству сжатого воздуха, выработанного компрессорной станцией за определенный промежуток времени. Из графика видно, что даже в те часы суток, когда пневмоприемники завода не работают, например с 3 до 7 час. утра, расход воздуха продолжается ввиду утечек через неплотности в местах соединения внешней сети с пневмоприемниками и утечек в механизмах самих потребителей сжатого воздуха, независимо от того, работает ли потребитель в данный момент или нет. Расходы воздуха в нерабочие часы покрываются за счет воздуха, находящегося в воздухопроводах и воздухохранилках. Во время работы пневмоприемников утечки воздуха увеличиваются и составляют 15—30% от средней нагрузки на компрессорную станцию. Суточный график показывает, в какое время суток будут «пики» нагрузок. Это дает возможность подготовить оборудование к покрытию максимальных расходов. Кроме того, суточный график нагрузки на компрессорную станцию, на котором указаны величины давления в воздухопроводе на выходе из воздухохранилков, позволяет внедрить автоматизацию включения и выключения компрессоров (см. гл. XIII).

График нагрузки можно строить для месяца, сезона и года. Годовой график нагрузки позволяет судить о том, когда удобнее всего в течение года производить на данном предприятии профилактические осмотры и ремонты оборудования.

График нагрузки компрессорной станции дает возможность судить об экономичности работы компрессорной станции, т. е. о степени использования установленной мощности (установленной производительности компрессорной станции), а также помогает правильно выбирать оборудование при проектировании новой компрессорной станции.

Степень использования установленной мощности выражается коэффициентом использования установленной мощности (μ).

Коэффициентом использования установленной мощности компрессорной станции называется отношение количества воздуха, фактически выработанного за определенный промежуток времени, к тому количеству воздуха, которое могла бы выработать компрессорная станция, работая в течение всего этого времени с постоянной нагрузкой, равной ее установленной мощности (без резерва), т. е. рабочей производительности станции.

Коэффициент использования установленной мощности для компрессорной станции можно определить по формуле

$$\mu = \frac{Q_{\text{факт}}}{Q_{\text{уст}} - Q_{\text{рз}}} \quad \text{или} \quad \mu = \frac{Q_{\text{факт}}}{Q_{\text{раб}}},$$

где $Q_{\text{факт}}$ — количество воздуха, выработанное компрессорной станцией за сутки, месяц или год, равное средней нагрузке станции, $\text{м}^3/\text{мин}$;

$Q_{\text{уст}}$ — установленная производительность компрессорной станции, $\text{м}^3/\text{мин}$;

$Q_{D'P}$ — производительность резервных компрессорных установок,
 $\text{м}^3/\text{мин}$

Так как $Q_{\text{факт}}$ выражается площадью графика нагрузки F_{ep} (фиг. 57), то, разделив площадь графика F_{ep} на площадь прямоугольника F_{np} с тем же основанием, но с высотой, равной рабочей производительности компрессоров, получим величину μ , т. е.

$$\mu = \frac{F_{ep}}{F_{np}}.$$

Эксплуатация компрессорной станции должна быть организована так, чтобы компрессоры работали с полной нагрузкой. Работа неполностью загруженного компрессора увеличивает удельный расход электроэнергии. При наличии на компрессорной станции различных по производительности компрессорных агрегатов необходимо распределять нагрузку между ними так, чтобы все одновременно работающие компрессоры были полностью загружены. Для каждой компрессорной станции должен быть разработан график работы компрессоров, обеспечивающий минимальный удельный расход электроэнергии компрессорной станцией. В основу графика должны быть положены наиболее экономичные компрессорные установки, вырабатывающие максимальное возможное количество воздуха.

С целью экономии электроэнергии, а также для составления графика проведения ремонтных и профилактических работ необходимо для каждой компрессорной станции разрабатывать различные комбинации совместной работы компрессоров, определяя для каждой комбинации суммарные удельные расходы электроэнергии при разных нагрузках.

5. ГРАФИКИ ДАВЛЕНИЙ СЖАТОГО ВОЗДУХА

На работу компрессорной станции в значительной мере влияет правильный выбор необходимого давления воздуха у потребителей во всей сети и на отдельных ее участках. Давление сжатого воздуха должно соответствовать давлению, которое необходимо пневмоприемникам.

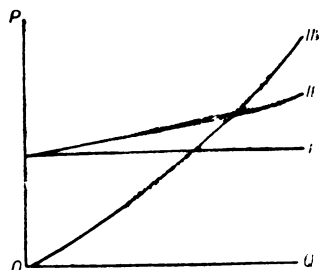
Эксплуатация компрессорных установок, подающих сжатый воздух пневмоприемникам с давлением ниже необходимого, приводит к потере производительности пневмоприемников, а подающих сжатый воздух пневмоприемникам с давлением значительно выше необходимого приводит к бесполезной затрате энергии. Так, например, повышение давления на 1% увеличивает перерасход электроэнергии на 1/2%. Давление воздуха при выходе его из компрессора должно быть выше необходимого только на величину потерь давления в арматуре, воздухопроводах и вспомогательном оборудовании.

Потери давления воздуха, движущегося по воздухопроводу, пропорциональны длинам отдельных участков трубопроводов, при этом принято считать удельные расчетные потери давления на единицу длины трубопровода одинаковыми для различных участков трубопроводов. Учитывая, что расход воздуха потребителями и потери в сетях

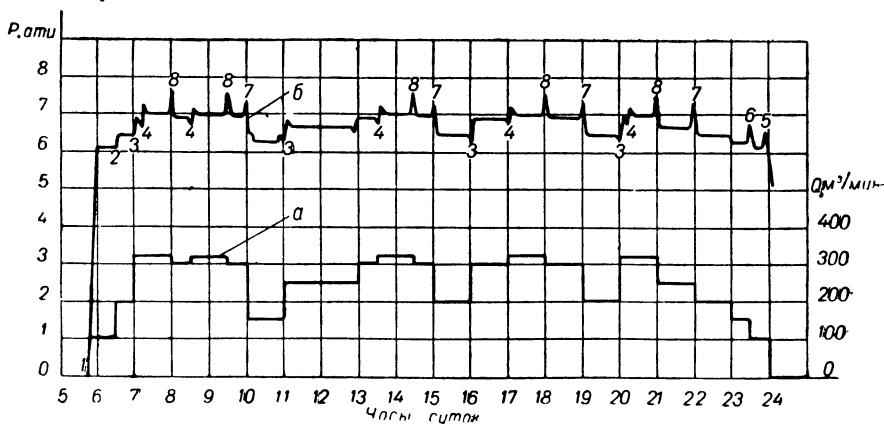
можно принять приблизительно прямо пропорциональными давлением воздуха, следует везде, где это не отражается на производстве, снижать давление расходуемого воздуха.

Каждая компрессорная станция должна иметь характеристику требуемого давления сжатого воздуха в функции от подачи (производительности компрессоров) с учетом воздушной сети трубопроводов и типов пневмоприемников.

На фиг. 56 показаны характеристики необходимого давления сжатого воздуха для разных случаев воздушного снабжения. Линия I — I изображает противодействие в сети трубопроводов при расположении пневмоприемников, требующих постоянного давления сжатого воздуха, в непосредственной близости от компрессорной станции. Линия I — II относится к наиболее распространенному случаю переменного противодействия, обусловленного одновременно воздушной сетью и пневмоприемниками, требующими постоянного давления сжатого воздуха. Линия O — III соответствует случаю очень протяженной воздушной сети, когда давление сжатого воздуха практически целиком расходуется на преодоление сопротивления самой сети.



Фиг. 56. График давлений сжатого воздуха в зависимости от расхода его в пневмосети.



Фиг. 57 Графики:

a — нагрузки на компрессорную станцию *б* — давления в воздухопроводе на выходе из компрессорной станции с указанием точек при которых автоматически происходят включения и отключения компрессоров (предприятие работает в три смены)

График (фиг. 57) составляется для автоматического регулирования производительности компрессорной станции, на которой работают четыре одинаковых компрессора. Точки и цифры на кривой давления *б* показывают пределы давлений, при которых происходят автоматические

включения и выключения компрессоров. Когда давление в сети соответствует точке 1, происходит включение компрессора № 1 (выключение в точке 5); в точке 2 включается компрессор № 2 (выключается в точке 6); в точке 3 происходит включение компрессора № 3 (выключение в точке 7); в точке 4 включается компрессор № 4 (выключается в точке 8). Эти точки получают путем снятия показаний манометров через каждый час на воздухопроводе, выходящем из компрессорной станции (за дроссельной шайбой) и у потребителей на самом дальнем воздухопроводе от компрессорной станции, у которого давление должно быть постоянным и максимальным.

6. РЕГУЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КОМПРЕССОРОВ И ДАВЛЕНИЯ НАГНЕТАЕМОГО ВОЗДУХА

Экономичность работы компрессорной станции в значительной мере зависит от правильного использования производительности установленных на станции компрессоров.

При эксплуатации компрессоров имеют место потери сжатого воздуха и потери электроэнергии, обусловленные ненормальным температурным режимом компрессоров; при тяжелом температурном режиме перерасходуется работа, идущая на сжатие воздуха, что приводит к значительному снижению изотермического к. п. д. компрессоров. Потери сжатого воздуха уменьшают подачу компрессоров

У большинства компрессоров производительность снижается главным образом при наличии неплотности всасывающих и нагнетательных клапанов. Производительность компрессора, измеряемая за нагнетательным патрубком, зависит от расхода воздуха пневмоприемниками, подключенными к сети воздухопроводов. Например, если расход воздуха в сети больше производительности компрессора, то давление воздуха у нагнетательного патрубка компрессора снижается и в первый момент производительность компрессора повышается. Когда расход воздуха в сети меньше производительности компрессора, давление воздуха у нагнетательного патрубка компрессора возрастает.

При переменном расходе воздуха необходимо регулировать производительность компрессора, поддерживая в сети воздухопроводов постоянное давление.

Для поддержания в сети требуемого давления необходимо своевременно останавливать часть работающих компрессоров и содержать в полной исправности автоматические регуляторы давления.

Регулирование производительности должно быть плавным, чтобы резкие колебания усилий в компрессоре вредно не отражались на деталях машины. Кроме того, резкие колебания нагрузок могут вывести из синхронизма электродвигатель. Чтобы избежать резких толчков в компрессоре, разгрузка его при пуске должна осуществляться на обеих ступенях сжатия одновременно (для двухступенчатого компрессора).

Наиболее простым, но малоэкономичным методом регулирования производительности компрессора для поддержания постоянного давле-

ния сжатия является выпуск части сжатого воздуха в атмосферу через предохранительный клапан или перепуск его во всасывающую линию.

В случаях привода компрессора в действие паровой машиной или двигателем внутреннего сгорания регулирование производительности поршневого компрессора осуществляется изменением числа оборотов привода компрессора.

При электроприводе проще и экономичнее регулировать компрессор:

- 1) отключением (остановкой) двигателя;
- 2) автоматическим открыванием (отжимом) всасывающих клапанов;
- 3) присоединением к рабочему объему дополнительного вредного пространства;
- 4) дроселированием на всасывающем воздухопроводе.

Наиболее распространенными и экономичными методами регулирования производительности поршневых компрессоров в настоящее время являются: отжим всасывающих клапанов и присоединение дополнительного мертвого пространства при постоянном числе оборотов двигателя (чаще всего электропривода переменного тока). Эти методы позволяют осуществлять подачу 25, 50, 75 и 100 % сжатого воздуха, вырабатываемого компрессором. Большинство современных высокопроизводительных поршневых компрессоров имеют системы регулирования, позволяющие уменьшать подачу сжатого воздуха от 100 до 70 %.

В отдельных случаях, когда уменьшается расход воздуха в сети и компрессор работает вхолостую, целесообразным оказывается выключение асинхронного электрического двигателя и компрессора. Однако, выбирая метод регулирования производительности компрессора, следует учитывать, что при выключениях электродвигателя появляется дополнительный расход электрической энергии.

Регулирование компрессоров производительностью от 8 до 60 м³/мин обычно осуществляется путем автоматического открытия всасывающих клапанов, что позволяет применить трехступенчатое регулирование.

Для более мощных компрессоров нашло применение регулирование производительности путем увеличения вредного пространства в комбинации с автоматическим открыванием всасывающих клапанов; при этом получается пять ступеней регулирования.

При регулировании отжимом всасывающих клапанов, когда давление на выходе превысит установленное, клапаны открываются и остаются открытыми до тех пор, пока давление не снизится до нормального. В течение этого времени компрессор работает вхолостую, и сжатие воздуха не происходит. При установившемся соотношении между расходом сжатого воздуха и производительностью компрессоров число включений регулятора для каждой компрессорной установки обратно пропорционально емкости воздухопровода и диапазону работы регулятора. Для уменьшения частоты включения регуляторов их необходимо устанавливать таким образом, чтобы можно было включать их поочередно, что увеличивает число ступеней плавного

регулирования. Поэтому одинаковую установку регуляторов у компрессоров, работающих на одну сеть, делать не рекомендуется. В зависимости от чувствительности регулятора разность между установками регуляторов на различных компрессорах должна составлять от 0,1 до 0,2 ат. При этом в первую очередь должны включаться компрессоры с наименьшей производительностью

Регулирование производительности ротационного компрессора можно производить также переводом работы компрессора на холостой ход.

Работа компрессоров на холостом ходу крайне невыгодна, так как она снижает коэффициент мощности и требует расхода значительного количества электроэнергии. Поэтому в тех случаях, когда нагрузка снижается на величину, равную или большую производительности регулируемого компрессора, является целесообразным устройство для автоматического выключения компрессора.

Регулирование производительности может быть ручным, полуавтоматическим и автоматическим. Для крупных и ответственных компрессорных установок регулирование производительности должно быть полностью автоматическим.

Для поддержания постоянного давления в сети регулирование турбокомпрессора может осуществляться двумя способами: изменением числа оборотов (при приводе от паровой турбины) и дросселированием во всасывающем трубопроводе (при электрическом двигателе).

Регулирование работы турбокомпрессора с целью избежания явления помпажа может производиться: 1) устройством перепускного клапана; 2) дросселированием во всасывающем трубопроводе; 3) поворотом лопаток направляющего аппарата.

Наиболее простым, но экономически невыгодным является первый способ.

7. ВЛИЯНИЕ НАЧАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУХА НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ

Производительность компрессорной станции в значительной мере зависит от начальных параметров всасываемого воздуха, особенно от температуры и давления. При повышении температуры и понижении давления всасываемого воздуха производительность компрессора снижается.

Компрессорная станция с одноступенчатыми компрессорами, расположенная на большой высоте над уровнем моря, при прочих равных условиях производит меньше сжатого воздуха, чем компрессорная станция, в которой установлены такие же компрессоры, но расположенная на уровне моря. Это объясняется тем, что при работе на высоте H над уровнем моря, где плотность атмосферного воздуха меньше, объемная и весовая производительности одноступенчатого компрессора снижается, вследствие увеличения степени сжатия при одном и том же рабочем давлении воздуха по манометру P_m , которое, считаем, должно быть одинаковым как при работе на уровне моря, так и на высоте H .

Теоретические объемы воздуха, засасываемого одноступенчатым компрессором за один ход поршня при работе на уровне моря и на высоте H , определяют по формулам:

$$V_m^0 = \lambda_0 V \text{ м}^3; \quad V_m^H = \lambda'_0 V \text{ м}^3,$$

где λ_0 — объемный коэффициент компрессора (см. гл. I).
 V — объем, описываемый поршнем компрессора за один ход;
 λ'_0 — объемный коэффициент компрессора в новых условиях.
 Уменьшение объемной производительности при работе компрессора на высоте H над уровнем моря определяется по формуле $\xi = \frac{\lambda'_0}{\lambda_0}$.

Состояние воздуха на высоте H и на уровне моря выражается уравнениями:

$$P_H V_m^H = G_H R T_H$$

$$P_0 V_m^0 = G_0 R T_0,$$

где T_0 и T_H — средняя годовая или месячная абсолютная температура воздуха на уровне моря и на высоте H .

Уменьшение весовой производительности одноступенчатого компрессора при работе его на высоте H

$$\alpha_1 = \frac{G_H}{G_0} = \frac{P_H \lambda'_0 T_0}{P_0 \lambda_0 T_H}$$

или

$$\alpha_1 = \frac{P_H T_0}{P_0 T_H} \xi.$$

При работе двухступенчатого компрессора на высоте значительно выше уровня моря производительность компрессора определяется по первой ступени сжатия и остается такой же, как и на уровне моря.

Следовательно, степень сжатия воздуха на высоте H остается той же, что и на уровне моря, т. е. $\xi = \text{const}$.

Тогда $\xi = 1$ и, следовательно, объемная производительность двухступенчатого компрессора остается неизменной, а весовая производительность уменьшается, и количество пневматической энергии, вырабатываемой компрессором, тоже будет меньшим. Мощность компрессора при этом уменьшается.

Уменьшение весовой производительности двухступенчатого компрессора α_2 при работе на высоте H по сравнению с производительностью этого же компрессора на уровне моря будет

$$\alpha_2 = \frac{P_H T_0}{P_0 T_H},$$

где P_H и P_0 — давление воздуха соответственно на высоте H и на уровне моря, кг/м^2 ;

T_H и T_0 — средняя годовая и месячная абсолютная температура воздуха на высоте H и на уровне моря, $^{\circ}\text{K}$.

Давление воздуха на высоте H может быть определено ориентировочно по табл. 21.

Таблица 21

Давление воздуха на различных высотах над уровнем моря

Высота над уровнем моря, м	Давление воздуха, мм рт. ст.	Высота над уровнем моря, м	Давление воздуха, мм рт. ст.
0	760	1500	635
100	751	2000	538
200	742	3000	530
300	733	4000	470
400	724	5000	417
500	716	6000	370
1000	674		

При работе компрессорной станции на высоте $H = 3000$ м по сравнению с работой на уровне моря:

1. Одноступенчатый компрессор при давлении нагнетания 6 ат и показателе политропы сжатия $n = 1,3$ уменьшает:

- объемную производительность на 3,2 %;
- весовую производительность на 27,4 %;
- полную работу на 18,5 %.

2. Двухступенчатый компрессор при тех же условиях:

- сохраняет свою объемную производительность без изменения;
- уменьшает весовую производительность на 25,2 %;
- уменьшает полную работу на 17,5 %.

Поэтому при использовании серийных компрессоров в компрессорной станции, расположенной на большой высоте, необходимо увеличивать общую объемную производительность компрессоров с тем, чтобы обеспечить почти постоянный весовой расход воздуха пневмоприемниками.

Для того чтобы знать, на сколько нужно увеличить объемную производительность компрессоров, работающих на высоте H над уровнем моря, следует пользоваться табл. 22.

Таблица 22

Поправочные коэффициенты к объемной производительности компрессорной станции в зависимости от высоты над уровнем моря

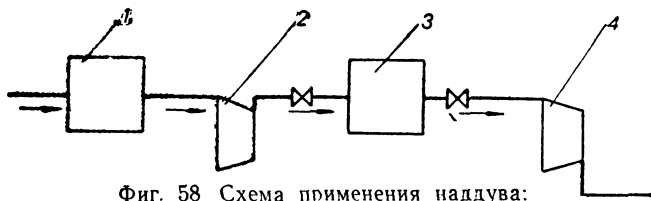
Высота над уровнем моря H , м	0	305	610	914	1219	1524	1829	2134	2438	2741	3045	3658	4572
Поправочный коэффициент	1,0	1,03	1,07	1,1	1,14	1,17	1,20	1,23	1,26	1,29	1,31	1,37	1,43

8. МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ, НАХОДЯЩИХСЯ ВЫШЕ УРОВНЯ МОРЯ

При работе компрессоров на большой высоте над уровнем моря, где плотность атмосферного воздуха меньше, производительность компрессорной станции можно повысить следующими методами:

- 1) установкой дополнительного компрессора;
- 2) увеличением числа оборотов компрессора;
- 3) охлаждением засасываемого воздуха;
- 4) наддувом воздуха механическим путем;
- 5) динамическим наддувом воздуха.

Увеличение производительности компрессорной станции за счет установки дополнительного компрессора или принятия компрессоров с большей объемной производительностью является не всегда простым, возможным и выгодным способом, так как это требует увеличения площади машинного зала здания компрессорной станции, реконструкции ее и, главное, дополнительных компрессорных агрегатов и вспомогательного оборудования.



Фиг. 58 Схема применения наддува:
1 — фильтр для всасываемого воздуха; 2 — вентилятор;
3 — охладитель воздуха, 4 — компрессор.

Увеличение числа оборотов компрессора возможно только при ременной передаче и то не более чем на 10 %.

Охлаждение засасываемого воздуха приводит к уменьшению затраченной работы и повышению производительности компрессора, однако для охлаждения засасываемого воздуха необходимы специальные холодильные установки, которые, как правило, нецелесообразно устанавливать для этих целей.

Увеличение производительности компрессора путем применения наддува, т. е. сжатия всасываемого воздуха во всасывающей системе компрессоров, является одним из лучших мероприятий.

Сжатие всасываемого воздуха механическим путем рационально производить вентилятором высокого давления любой системы, что всегда выгоднее, чем ставить дополнительный компрессор.

Схема устройства наддува на всасывающей линии компрессора приведена на фиг. 58. Воздух через фильтр 1 всасывается вентилятором 2, проходит холодильник 3 и подается в компрессор 4. Ввиду того, что воздух поступает во всасывающий патрубок компрессора под дополнительным давлением (наддувом), весовая производительность компрессора возрастает.

График зависимости производительности компрессора от степени наддува и температуры наружного воздуха приведен на фиг. 59.

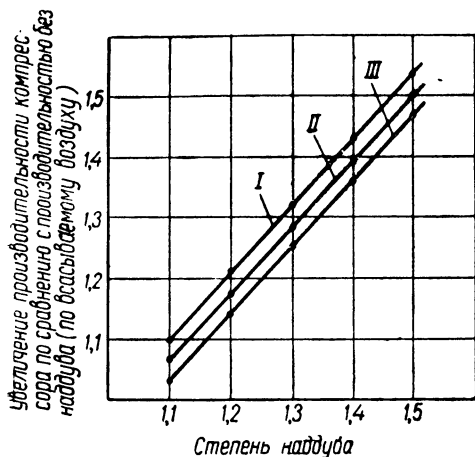
Степень наддува выражается формулой

$$\varphi = \frac{P_1}{P_0},$$

где P_0 — давление наружного воздуха;

P_1 — давление воздуха после наддувочного устройства.

Для увеличения производительности компрессора можно применить динамический инерционный наддув, образующийся в результате удара воздушной струи при входе воздуха во всасывающий трубопровод за счет небольшого удлинения всасывающего воздухопровода. Увеличение производительности компрессора за счет удлинения всасывающей трубы наблюдается только при длине трубы до 5 м. В связи с тем, что увеличение производительности компрессора при инерционном наддуве сопровождается увеличением сопротивления на линии всасывания и повышением удельного расхода электроэнергии на сжатие 1 м^3 воздуха, применение его допустимо только в отдельных случаях.



Фиг. 59 Влияние степени наддува и температуры наружного воздуха на увеличение производительности компрессора:

- I — температура наружного воздуха $+30^\circ \text{С}$;
- II — температура наружного воздуха 0°С ;
- III — температура наружного воздуха -30°С .

патрубке компрессора иногда устанавливают резервуар объемом, равным объему цилиндра низкого давления. Резервуар на всасывающем патрубке компрессора исключает резкое изменение давления воздуха во всасывающем трубопроводе, в результате чего увеличивается производительность компрессора.

9. ВЛИЯНИЕ КОНЕЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУХА НА ЭКОНОМИЧНОСТЬ РАБОТЫ КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ

На производительность компрессорной станции оказывают также влияние давление и температура воздуха, поступающего непосредственно к пневмоприемникам. С повышением давления воздуха у потребителя расход воздуха на утечки увеличивается.

Есть такие потребители сжатого воздуха, работающие по принципу расширения, для которых понижение давления от P_1 до P_2 дает экономию в расходе воздуха. Эту экономию можно определить по формуле

$$\Delta Q = \left(\frac{P_1}{P_2} - 1 \right) Q \text{ м}^3/\text{мин},$$

где ΔQ — экономия воздуха, $\text{м}^3/\text{мин}$;

Для получения инерционного наддува длину воздухопровода определяют по формуле

$$L = \frac{2500}{n} \text{ м},$$

где n — число оборотов вала компрессора в минуту.

Во избежание снижения коэффициента подачи компрессора на всасывающем

P_1 — начальное (более высокое) давление сжатого воздуха у потребителя, *ата*;

P_2 — конечное (пониженное) давление сжатого воздуха у потребителя, *ата*;

Q — расход воздуха при давлении P_2 , приведенный к условиям всасывания, $м^3/мин.$

Для категории потребителей, в рабочих органах которых воздух расширяется (пневмоинструмент, формовочные машины, вибраторы и т. д.), характерно при понижении давления увеличение расхода воздуха для осуществления заданной механической работы. Например, если принять расход воздуха для пневмоинструмента при номинальном давлении 6 *ата* за единицу, то при понижении давления сжатого воздуха до 4,4 *ата* расход воздуха (для производства одинаковой работы) возрастает в 2,2 раза.

Понижение давления у потребителя ниже нормального в этих случаях ведет к увеличению потребления воздуха (приведенного к условиям всасывания) и, следовательно, к недостаточности рабочей производительности компрессорной станции.

Перерасход воздуха при понижении давления составит

$$\Delta Q = 2,8 \left(1 - \frac{P}{P_n}\right) Q_n \text{ м}^3/\text{мин}, \quad (10)$$

где P — пониженное давление воздуха, *ата*;

P_n — номинальное давление воздуха, *ата*;

Q_n — расход воздуха при номинальном давлении, $м^3/мин.$

На экономичность работы компрессорной станции оказывает влияние также температура воздуха на выходе из компрессора (за магнетательным патрубком).

Возрастание конечной температуры сжатого воздуха на выходе из компрессора за счет повышения температуры всасываемого воздуха или за счет недостаточного промежуточного охлаждения приводит к снижению производительности компрессора [12].

Однако иногда применение пневмоприемниками воздуха с более высокой температурой, чем та, которую имеет воздух, выходящий из воздухохоборника в магистраль, приводит к экономии сжатого воздуха и тем самым к повышению производительности компрессорной станции.

В каталогах расходы воздуха даны при условии, что пневмоприемники расходуют воздух, поступающий из пневмосети с температурой до 15°. Если подавать потребителю воздух с более высокой температурой, то можно создать экономию в работе компрессорной станции, так как для совершения той же работы потребуется меньшее количество сжатого воздуха.

Уменьшение расхода воздуха пневмоприемником при подогреве воздуха определяется по уравнению

$$\Delta Q = Q \frac{t_n - 15}{273} \text{ м}^3/\text{мин},$$

где ΔQ — уменьшение расхода всасываемого компрессором воздуха при $P = 1 \text{ ата}$ и $t = 15^\circ$, $\text{м}^3/\text{мин}$;

Q — расход воздуха потребителем до подогрева, $\text{м}^3/\text{мин}$;

t_n — температура подогретого воздуха, $^\circ\text{C}$.

Экономия от подогрева воздуха, расходуемого обдувочными и пескоструйными соплами, выражается уравнением

$$\Delta Q = \left[0,00347(t - 15) - \frac{\sqrt{273 + t}}{17} + 1 \right] Q \text{ м}^3/\text{мин}.$$

Для потребителей, работающих с расширением воздуха (молоты, прессы, пневмоинструменты, формовочные машины и т. д.) экономия воздуха при его подогреве может быть выражена уравнением

$$\Delta Q = (0,002t - 0,03) Q \text{ м}^3/\text{мин}, \quad (11)$$

где Q — расход воздуха без подогрева, $\text{м}^3/\text{мин}$;

t — температура подогретого воздуха, $^\circ\text{C}$.

Экономия воздуха при понижении давления и увеличении его температуры для таких потребителей, как обдувочные и пескоструйные сопла, пневмоподъемники, а также уменьшение расхода воздуха в местах неплотности в сети трубопроводов определяется по формуле

$$\Delta Q = \left(\frac{P_1}{P_2} + 0,00347t - \frac{\sqrt{273 + t}}{17} - 0,0513 \right) Q \text{ м}^3/\text{мин}. \quad (12)$$

Для молотов, прессов, пневмоинструментов и других потребителей, производящих механическую работу и работающих с расширением воздуха, общее уравнение для экономии воздуха принимает вид

$$\Delta Q = \left(0,002t + 2,8 \frac{P}{P_n} - 2,83 \right) Q_n \text{ м}^3/\text{мин}. \quad (13)$$

При анализе влияния на экономию воздуха лишь одного давления в формулах (12) и (13) должно быть принято $t = 15^\circ$.

Минусовое значение ΔQ обозначает перерасход воздуха с понижением давления.

Пример. Воздушный молот при номинальном давлении воздуха 7 ата расходует для производства определенной поковки 30 м^3 свободно засосанного воздуха при $t = 15^\circ$. Требуется определить, как изменится его расход, если подогревать подающий воздух до 160° и снизить давление подающего воздуха до $5,5 \text{ ата}$.

По формуле (10) находим перерасход воздуха от понижения давления

$$\Delta Q = 2,8 \left(1 - \frac{5,5}{7} \right) 30 = 18 \text{ м}^3.$$

По формуле (11) имеем экономию от подогрева воздуха

$$\Delta Q = (0,002 \cdot 160 - 0,03) 30 = 8,7 \text{ м}^3.$$

В результате получаем перерасход воздуха

$$\Delta Q = 18 - 8,7 = 9,3 \text{ м}^3.$$

Этот же результат сразу можно было получить по формуле (13)

$$Q = \left(0,002 \cdot 160 + 2,8 \frac{5,5}{7} - 2,83 \right) 30 = - 9,3 \text{ м}^3.$$

При заданных условиях получается перерасход воздуха 9,3 м³, т. е. молот будет расходовать 39,3 м³ свободно засосанного воздуха на ту же поковку.

Глава V

ВОДОСНАБЖЕНИЕ И КАНАЛИЗАЦИЯ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Водоснабжение компрессорной станции осуществляется с целью удовлетворения потребностей в воде производственных, хозяйственно-питьевых (бытовых) и противопожарных нужд.

Основными потребителями воды на компрессорной станции являются компрессоры, конечные охладители сжатого воздуха, а также охладители масла.

Источниками водоснабжения компрессорной станции могут быть заводские водопроводы, реки и озера, реже — артезианские воды.

Вода, используемая для производственных нужд, должна быть чистой, холодной (15—30°) и подаваться в компрессорную станцию под давлением 1,5—2,5 *ати*.

Допустимый нагрев воды (перепад температуры) при охлаждении компрессора должен быть: в промежуточном охладителе воздуха 4°, в охлаждающих рубашках цилиндров низкого и высокого давления 6°, в охлаждающих рубашках крышек цилиндров 4°.

Температура охлаждающей воды на выходе из всех рубашек цилиндров компрессора должна находиться в пределах 20—40°, а температура охлаждающей воды из конечного охладителя не должна превышать 35°.

На фиг. 60 показана схема охлаждения поршневого компрессора с промежуточным и конечным охладителями.

Подвод охлаждающей воды к охлаждающим рубашкам цилиндров и крышек цилиндров, а также к промежуточным и конечным охладителям может осуществляться из водопровода или системы оборотного водоснабжения.

Спуск воды из компрессоров и охладителей возможен в канализацию или в систему оборотного водоснабжения.

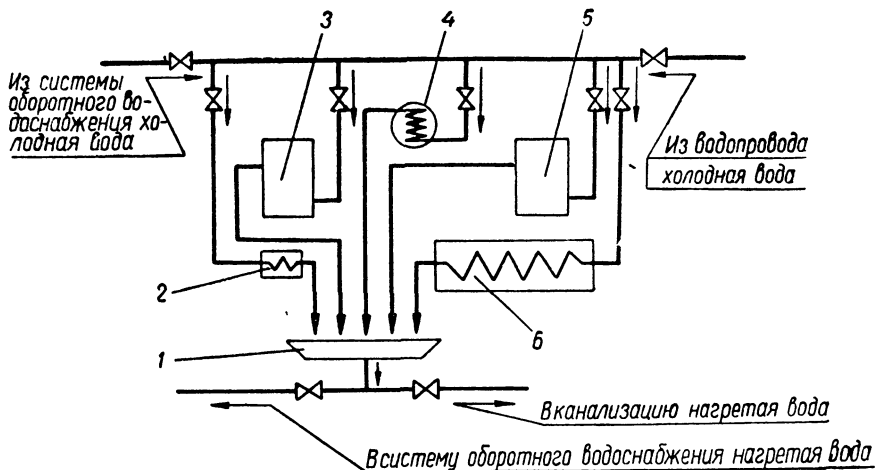
Спуск воды должен быть устроен на видном месте, лучше всего в воронку, разорванной струей.

В водоснабжении компрессорной станции принимают участие насосные станции, различное оборудование, арматура и трубопроводы.

Вода, использованная потребителями и отводимая от них, собирается по трубам канализации.

Здание компрессорной станции должно быть оборудовано производственным, хозяйственным и противопожарным водопроводом, а также

фекальной и производственной канализацией. Чаще всего самостоятельный противопожарный водопровод отсутствует. Для противопожарных целей используют отдельный отвод из производственного или хозяйственно-питьевого водопровода. Хозяйственное и противопожарное водоснабжение компрессорных станций должно выполняться в соответствии с требованиями норм [36] и [40], предъявляемыми к производствам категории Д.



Фиг. 60. Схема охлаждения поршневого компрессора:

- 1 — сливная воронка; 2 — масляный бак со змеевиком охлаждения масла; 3 — цилиндр высокого давления; 4 — промежуточный охладитель; 5 — цилиндр низкого давления; 6 — конечный охладитель воздуха.

В зависимости от условий промышленной площадки производственный водопровод на компрессорной станции может быть как от самостоятельного источника водоснабжения, так и от системы оборотного водоснабжения. На компрессорных станциях производительностью до $20 \text{ м}^3/\text{мин}$ производственный водопровод допускается совмещать с хозяйственным.

Сточные воды от охлаждаемых компрессоров разрешается спускать как в производственную, так и в ливневую или фекальную канализацию, если эти воды не возвращаются в систему оборотного водоснабжения.

Компрессоры и охладители воздуха должны быть обеспечены пресной водой в количестве, достаточном для охлаждения. Как исключение допускается охлаждение компрессоров морской водой, если в охладителях установлены трубки из цветного металла.

Вода для охлаждения компрессорных установок не должна содержать механических и химических примесей. Вода с большим содержанием солей кальция и магния или механических примесей приводит к быстрому загрязнению охлаждаемых поверхностей слоем отложений и накипи, в результате чего ухудшается теплопередача и нару-

шается режим работы компрессора или охладителя воздуха. Вода для охлаждения компрессора не должна быть жесткой.

Жесткость воды, применяющейся для охлаждения компрессора, должна быть не выше 12°H ($4,3 \text{ мг-экв/л}$).

Вода, применяемая для охлаждения компрессоров, не должна также содержать органических веществ и механических примесей более 25 мг/л . В охлаждаемой воде, применяющейся в системе оборотного водоснабжения, не должны содержаться вещества, разрушающие древесину и металл.

Улучшение качества воды осуществляется применением специальной очистки в водоотстойниках или фильтрах.

2. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСХОДА ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ВОДЫ

Расход воды компрессором приводится в технической характеристике компрессора. При отсутствии этих данных расход определяется ориентировочно по средним удельным расходам воды в л/м^3 воздуха.

В табл. 23 приведены средние удельные нормы расхода воды для охлаждения воздуха, сжатого до давления $6\text{--}8 \text{ атм}$:

Таблица 23

Удельные нормы расхода воды на охлаждение компрессоров

Для охлаждения	Норма расхода, л/м^3
Одноцилиндрового поршневого компрессора	3,5
Двухцилиндрового поршневого компрессора	4,5—5,8
Турбокомпрессора при Q до $36000 \text{ м}^3/\text{час}$	6
Турбокомпрессора при $Q > 36000 \text{ м}^3/\text{час}$	5

Расход воды на конечный охладитель определяется по формуле

$$B = \frac{Q'}{t_2' - t_1'} \text{ л/час,}$$

где Q' — количество тепла, подлежащее отводу от охладителя, ккал/час ;

t_1' — температура воды, поступающей в охладитель в самый жаркий месяц, $^\circ\text{C}$;

t_2' — температура воды, выходящей из охладителя, $^\circ\text{C}$: $t_2' = t_1' + (10 - 15^\circ)$.

Если отсутствует расчет конечного охладителя, приближенно можно принять расход в $2\text{--}2,5 \text{ л/м}^3$ при давлении воздуха $6\text{--}8 \text{ атм}$.

Для каждого агрегата определяется:

- 1) часовой расход воды по сменам;
- 2) суточный расход;
- 3) часовой расход при одновременной работе всего установленного оборудования, на который рассчитывается вся система водоснабжения компрессорной станции;

- 4) удельный расход воды на 1 м³ воздуха;
 5) годовой расход воды, определяемый по формуле

$$B_r = Q_2 B_{y\partial},$$

где Q_2 — годовой расход сжатого воздуха, м³;
 $B_{y\partial}$ — удельный расход воды на 1 м³ воздуха, м³.

Величину удельного расхода воды на охлаждение 1 м³ воздуха находят по формуле

$$B_{y\partial} = B_{охл} + B_p = B_{к.охл}, \text{ м}^3/\text{м}^3,$$

где $B_{охл}$ — расход воды на охлаждение промежуточных охладителей, м³/м³;

B_p — расход воды на охлаждение рубашек компрессора, м³/м³;

$B_{к.охл}$ — расход воды на охлаждение конечных охладителей, м³/м³.

В обычных компрессорных установках с давлением сжатого воздуха 6—8 атм расход воды охладителем определяется по формуле

$$B_{охл} = \frac{30}{\Delta t} \text{ л/м}^3,$$

где Δt — разность температур воды на входе и выходе из охладителя, зависящая от величины и чистоты поверхности охладителя и его конструкции.

Общий расход охлаждающей воды для многоступенчатых компрессоров во многом зависит от разности температур воды до и после охладителя и от конечного давления сжатия (табл. 24).

Таблица 24

Зависимость расхода воды от давления сжатия и разности температур воды до и после охладителя

Разность температур °С	Давление сжатия, атм		
	200	100	50
	Расход воды в л/м ³ воздуха		
15	15—16	13—14	11—12
10	22—24	19—20	16—17
5	44—48	38—40	33—35

При испытаниях компрессорных установок количество охлаждающей воды может быть определено пропуском охлаждающей воды через тарированный бак с одновременным отсчетом времени, необходимого на его наполнение, по секундомеру или установкой скоростного водомера на водопроводе. Отдельно замеряют количество воды на охлаждение рубашек цилиндра, охлаждение сжатого воздуха в промежуточном и конечном охладителях, а также количество воды, идущей на охлаждение масла. Замер расхода воды на охлаждение производится около сливной воронки. К сливному трубопроводу присоединяется резиновый шланг, и струя воды направляется в бак; при этом определяют время на его наполнение. Таким способом замеряют расход воды на охлаждение компрессорного агрегата.

В зависимости от расхода воды, принятого источника водоснабжения и взаимного расположения источника и компрессорной станции применяются прямоточная или циркуляционная системы водоснабжения.

Прямоточной называется такая система водоснабжения, при которой вода из заводского водопровода, реки или озера подается однократно в компрессоры и охладители воздуха и затем спускается в канализацию или возвращается в реку или озеро.

Иногда при высоком расположении компрессорной станции над уровнем реки или озера бывает, что расход электроэнергии на привод насоса для подачи воды настолько возрастает, что прямоточное водоснабжение становится невыгодным. Прямоточная система водоснабжения находит применение при наличии достаточно больших источников производственного водоснабжения, сравнительно низкой стоимости воды и незначительном ее расходе.

Циркуляционной или оборотной системой водоснабжения называется такая система, при которой вода из водопровода, реки или озера используется многократно. При оборотной системе вода из компрессоров и охладителей воздуха направляется в охлаждающее устройство и после охлаждения подается насосами в компрессоры и охладители. Эта система водоснабжения применяется при недостатке и высокой жесткости воды, большом ее расходе и стоимости.

В каждом отдельном случае вопрос выбора системы водоснабжения должен решаться особо на основе сравнительных технико-экономических расчетов.

В замкнутом цикле оборотной системы водоснабжения происходят потери воды вследствие испарения, разбрызгивания, фильтрации и т. д. Сооружения системы должны быть такими, чтобы потери не превышали 7% от расхода воды: при больших потерях система становится неэкономичной.

Оборотная система водоснабжения состоит обычно из трех элементов:

- 1) насосной станции;
- 2) охладительного устройства;
- 3) промежуточных сооружений (колодцев теплой и холодной воды, резервуаров и водоводов).

В качестве охладителей в оборотных системах применяются: пруды-охладители, брызгальные бассейны, градирни открытые брызгального или капельного типов, башенные градирни с естественной тягой воздуха с капельным, пленочным и смешанным (капельно-пленочным) типом оросителя, а также вентиляторные градирни с искусственной циркуляцией воздуха.

В охладительных устройствах охлаждение воды происходит вследствие ее частичного испарения и непосредственной отдачи тепла более холодному воздуху.

Охладительные устройства целесообразно сооружать при производительности компрессорной станции более $30 \text{ м}^3/\text{мин}$ или при расходах воды более $20 \text{ м}^3/\text{час}$. Емкость бассейна должна быть не менее 2—2,5 час. потребности компрессорной станции в охлаждающей воде.

При выборе типа и размеров охладителя необходимо учитывать:

- 1) месячный график тепловой нагрузки (максимальной, средней, минимальной) на охладитель;
- 2) технологические требования к температуре охлажденной воды;
- 3) условия работы охладителей (постоянная работа или работа с сезонными или суточными перерывами);
- 4) метеорологические условия;
- 5) условия площадки строительства (размеры и застроенность ее, а также геологические и гидрогеологические условия).

Кроме того, выбор типа охладителя в каждом отдельном случае зависит также от количества, качества и стоимости добавочной воды, наличия и стоимости строительных материалов, а также сроков строительства.

Учитывая особенности местных условий, выбор типа охладителя можно произвести, не делая детальных технико-экономических сравнительных расчетов. Работа открытых охладителей в первую очередь зависит от силы и направления ветра. При малых скоростях ветра или неблагоприятных его направлениях работа таких охладителей ухудшается, и температура воды возрастает. Применение открытых градирен и брызгальных бассейнов на густо застроенной территории исключается. Устройство прудов-водохранилищ в системах водоснабжения чаще всего требует больших капитальных затрат. Эксплуатация прудов связана с рядом трудностей и дополнительными затратами на чистку.

Применение прудов может быть выгодным при использовании естественных водоемов или искусственно сооружаемых водохранилищ для других целей.

Брызгальные бассейны также нецелесообразно применять для охлаждения компрессорных установок, у которых расход воды на охлаждение не превышает $500 \text{ м}^3/\text{час}$.

Башенные градирни могут применяться как при малых (до $70 \text{ м}^3/\text{час}$), так и при больших расходах охлаждаемой воды (до $1500 \text{ м}^3/\text{час}$); они обеспечивают более устойчивый охладительный эффект при возможности установки их на застроенной территории.

Из охладительных устройств наибольшее применение в системах водоснабжения компрессорных станций имеют градирни, которые обладают следующими преимуществами по сравнению с прудами-охладителями и брызгальными бассейнами:

- 1) независимость охладительного эффекта от наличия ветра;
- 2) более высокий охладительный эффект, чем у брызгальных бассейнов;
- 3) меньшая площадь по сравнению с прудами и брызгальными бассейнами;
- 4) меньшие потери воды, чем у брызгальных бассейнов. Наряду с этим градирни имеют также и недостатки:

- 1) более высокая стоимость сооружения, чем брызгальных бассейнов;
- 2) повышенные расходы по текущему ремонту;
- 3) меньший срок службы;
- 4) более сложная эксплуатация, чем брызгальных бассейнов и прудов (борьба с обледенением, необходимость регулирования температуры воды).

Основные требования к выбору и устройству градирен изложены в НИТУ 126-55 [27].

При выборе типа градирни для конкретных условий следует применять запроектированные ГИПРОТИС вентиляторные и башенные градирни, предназначенные для охлаждения незагрязненной оборотной воды с концентрацией взвешенных веществ не более 40—50 мг/л (табл. 25).

Таблица 25

Характеристика градирен, запроектированных ГИПРОТИС для охлаждения незагрязненной оборотной воды

Тип градирни	Тип оросительного устройства	Площадь градирни, м ²	Производительность, м ³ /час	
			одной секции	всей градирни
Вентиляторная	Капельный	64 × 3 = 192	192—512	576—1536
Вентиляторная	Капельный	64	192—512	192—512
Вентиляторная	Капельный	16 × 3 = 48	48—128	144—384
Вентиляторная	Пленочный	64 × 3 = 192	512—1152	1536—3456
Вентиляторная	Пленочный	64 × 2 = 128	512—1152	1024—2304
Вентиляторная	Пленочный	64	730	730
Башенная	Капельный	40	—	40—136
Башенная	Капельный	25	—	25—85
Башенная	Капельный	15	—	15—51

Вентиляторные градирни рекомендуется применять при:

- 1) стоимости электроэнергии 15 коп. за 1 квт-час (в случае круглосуточной работы градирни);
- 2) кратковременной продолжительности ежесуточной работы градирни;
- 3) необходимости глубокого охлаждения оборотной воды, т. е. при разности температур охлажденной воды t_2 и наружного воздуха t менее 3,5—4°;

4) стесненности участка, отводимого для строительства градирни. Для выбора охладителя необходимо предварительно произвести тепловой расчет.

Размещение брызгальных бассейнов и градирен на площадке промышленного предприятия следует производить из условий обеспечения наименьшей протяженности циркуляционных трубопроводов и каналов и соблюдения допустимых расстояний между охладителями и сооружениями. Расстояния между водоохладителями и зданиями или сооружениями во избежание увлажнения или обледенения должны приниматься согласно табл. 26.

Расстояния между водоохладителями и зданиями или сооружениями

Наименование здания или сооружения	Расстояния от зданий и сооружений, м	
	до брызгального бассейна	до градирни
Здания со стенами из красного кирпича, керамики, тяжелого бетона и других плотных материалов, выдерживающих не менее 15-кратного замораживания	40	20
Здания со стенами из шлакобетона или других легких бетонов, выдерживающих менее 15-кратного замораживания	50	25
Железнодорожные пути:		
подъездные и сортировочные	80	40
внутризаводские	30	20

Примечания: 1. Для районов с расчетными температурами наружного воздуха ниже минус 35° расстояния, указанные в табл. 26, увеличиваются на 25%, выше минус 20° расстояния уменьшаются на 25%. 2. Расстояния между водоохладителями и открытыми распределительными устройствами и понизительными подстанциями электрической сети должны приниматься: при расположении открытого распределительного устройства с подветренной стороны не менее 60 м от градирен и 120 м от брызгальных бассейнов, с наветренной стороны — не менее 40 м от градирен и 80 м от брызгальных бассейнов. Направление господствующих ветров принимается по зимнему периоду. 3. Расстояния между границей древесных насаждений и охладительными прудами или брызгальными бассейнами, считая от береговой кромки, должны быть не менее 40 м. 4. Граница древесных насаждений должна находиться от градирен на расстоянии не менее полторной высоты оросительного устройства градирни.

Расстояние между брызгальными бассейнами и градирнями и прочими сооружениями следует принимать согласно табл. 27.

Таблица 27

Расстояния между брызгальными бассейнами и градирнями и прочими сооружениями

Наименование сооружения	Расстояния до брызгальных устройств, м	Расстояния до башенных градирен, м	Расстояния до секционных вентиляторных или открытых брызгальных градирен, м
Открытые топливные склады	80—120	40—60	60—90
Брызгальные бассейны	—	40—60	40—60
Градирни башенные	40—60	15—20	15—20
Градирни вентиляторные секционные	40—60	15—20	15—20
Забор, ограждающий площадку	15—20	10—15	15—20
Автомороги:			
общего пользования	60—80	10	40—60
внутризаводские и подъездные	30	10	20

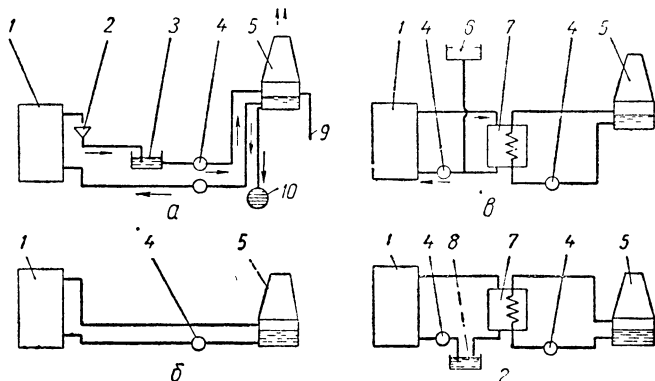
Примечание. Нижние пределы указанных расстояний принимаются для малых охладителей (градирен производительностью 200—300 м³/час и брызгальных бассейнов производительностью 1500—2000 м³/час при расположении их с подветренной стороны по отношению к прочим сооружениям).

4. ПРИНЦИПАЛЬНЫЕ СХЕМЫ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ

На компрессорных станциях применяются одноконтурные и двухконтурные схемы систем оборотного водоснабжения (фиг. 61).

Одноконтурные схемы могут выполняться с разрывом струи на сточном водопроводе: с воронкой или колодез (фиг. 61, а) и без разрыва струи (фиг. 61, б).

Двухконтурная схема системы охлаждения — это схема с двумя теплоносителями (фиг. 61, в, г). В первом контуре системы охлаждения компрессоров и сжатого воздуха в охладителях циркулирует определенное количество первичной воды. Охлаждение первичной



Фиг. 61 Схемы систем оборотного водоснабжения:

а — одноконтурная с разрывом струи. б — одноконтурная без разрыва струи. в — двухконтурная с расширительным сосудом; г — двухконтурная без расширительного сосуда. 1 — охлаждаемый агрегат, 2 — сливная воронка, 3 — колодез сбора нагретой воды; 4 — насос циркуляционной воды, 5 — градирня, 6 — расширительный сосуд; 7 — теплообменник, 8 — колодез первичной охлажденной воды; 9 — трубопровод добавочной воды, 10 — устройство сброса воды в канализацию

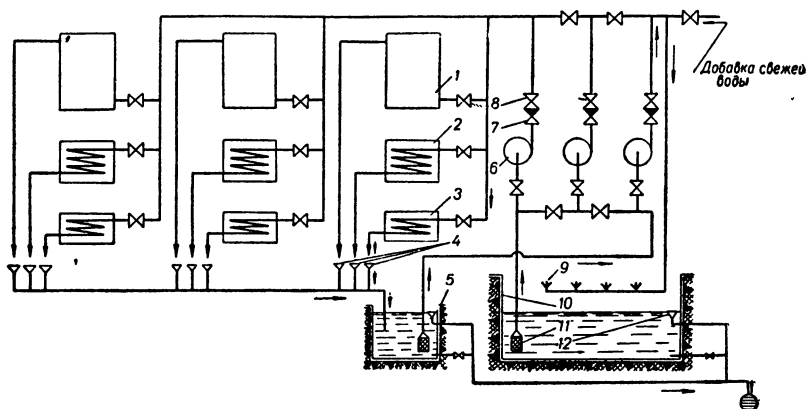
воды осуществляется в поверхностном теплообменнике вторичной водой. В такой схеме первичный контур является всегда циркуляционным. Схема вторичного контура и температурный перепад могут быть различными, они не влияют на работу компрессора. Во вторичном контуре может применяться морская вода и вода любого качества: на работу компрессора она не оказывает влияния.

Двухконтурные схемы по сравнению с одноконтурными имеют следующие преимущества: обеспечивают чистоту поверхности охлаждаемого компрессора и охладителей воздуха; позволяют повысить температуру охлаждающей воды; делают излишней химическую очистку даже при низком качестве охлаждающей воды; способствуют уменьшению расхода воды на охлаждение компрессоров.

Наиболее часто встречающейся является одноконтурная схема с воронкой (фиг. 61, а).

Устройство воронок создает удобства наблюдения за прохождением воды через компрессор, промежуточный и конечный охладители, особенно при отсутствии автоматической сигнализации. В этом случае в насосной станции водоснабжения устанавливаются три насоса (фиг. 62), из которых средний является резервным. Вода поступает

в компрессор 1, промежуточные охладители 2 и конечные охладители 3. Теплая вода из указанного оборудования поступает с разрывом струи через воронки 4 по трубопроводу в колодец или резервуар для сбора теплой воды 5. Из колодца вода подается насосом 6 в бассейн 10, имеющий переливную и сливную трубы для сброса воды в водосток. Охлажденная вода через приемный клапан 11 забирается



Фиг. 62. Принципиальная схема оборотного водоснабжения с тремя насосами циркуляционной воды.

1 — компрессор; 2 — промежуточный охладитель воздуха; 3 — конечный охладитель; 4 — сливная воронка; 5 — колодец (или резервуар) для сбора нагретой воды; 6 — насосы циркуляционной воды; 7 — обратный клапан; 8 — задвижка; 9 — разбрызгивающее сопло; 10 — бассейн (или сборник) охлажденной воды; 11 — приемный клапан с сеткой; 12 — переливная воронка

насосом 6 и подается к оборудованию на компрессорную станцию. Если охлаждающее устройство (бассейн, градирня) удалено от насосной установки, то с целью уменьшения всасывающей линии устанавливается дополнительный колодец холодной воды вблизи насосной установки. Вода из охлаждающего устройства поступает в приемный колодец, а из колодца всасывается насосом.

Схема водоснабжения (фиг. 62) обладает следующими недостатками.

1. Насосы одинаковых марок работают в разных контурах, имеющих различные сопротивления.

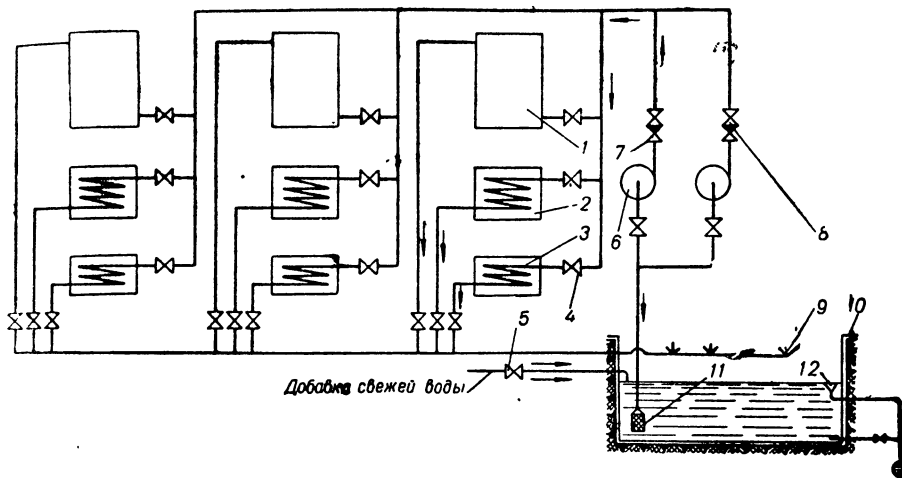
Напор насоса, забирающего холодную воду из бассейна 10 и подающего ее на компрессоры, не будет равен напору насоса, забирающего теплую воду из резервуара 5 и подающего ее в бассейн, а поэтому установленные насосы одинаковых марок могут быть разной производительности. Указанное обстоятельство вызывает необходимость систематического регулирования системы с помощью задвижек и ведет к излишним потерям оборотной воды, переливающейся в систему канализации.

2. В данной схеме водоснабжения необходим колодец или резервуар для сбора теплой воды емкостью пятиминутного расхода оборотной воды.

3. В связи с установкой не менее трех насосов появляется необходимость в сравнительно больших площадях под насосную станцию.

К достоинствам схемы можно отнести возможность непосредственного наблюдения за температурой и количеством охлаждающей воды, поступающей из системы охлаждения в воронки.

Иногда применяется более простая схема оборотного водоснабжения без разрыва струи воды, выходящей из компрессоров, промежуточных охладителей воздуха, маслоохладителей и конечных охладителей воздуха (фиг. 63).



Фиг. 63. Принципиальная схема оборотного водоснабжения с двумя насосами циркуляционной воды:

1 — компрессор; 2 — промежуточный охладитель; 3 — конечный охладитель; 4, 5 и 8 — движки; 6 — насосы циркуляционной воды; 7 — обратный клапан; 9 — разбрызгивающее сопло; 10 — бассейн (или сборник) охлажденной воды; 11 — приемный клапан с сеткой; 12 — переливная воронка.

Вода по напорному водоводу с давлением не более 25 м вод. ст. поступает в систему охлаждения компрессорной станции. Теплая вода поступает на охладитель 9 под избыточным напором после системы охлаждения. Охлажденная вода забирается насосом 6 и подается в систему охлаждения компрессоров, промежуточных и конечных охладителей.

Схема фиг. 63 имеет следующие преимущества перед схемой фиг. 62:

- 1) вместо трех насосов устанавливаются только два,
- 2) отпадает необходимость в колодце или резервуаре для сбора теплой воды;
- 3) уменьшается количество арматуры труб и фасонных частей к ним.

Однако система оборотного водоснабжения (фиг. 63) требует установки манометров, термометров и пробных кранов и особенно

тщательного контроля за тем, чтобы давление воды в системе не поднималось выше 25 м вод. ст.

В схеме водоснабжения иногда целесообразно применять резервный бак, так как в случае прекращения подачи воды из водопровода или работы насосов, подающих охлаждающую воду, подача воды к компрессору будет осуществляться самотеком из резервного бака до тех пор, пока не будет остановлен компрессор.

Минимальная емкость резервного бака может быть определена по 30-минутной потребности в воде наиболее мощного (по производительности) компрессора, установленного в компрессорной станции.

5. ВЫБОР НАСОСОВ СХЕМЫ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Выбор рабочих насосов, участвующих в схеме обратного водоснабжения компрессорной станции, производится по максимальному часовому расходу воды, необходимой на производственные нужды компрессорной станции и по характеристикам насосов. При этом учитываются условия совместной работы насосов и водопроводной сети при различных режимах водопотребления; график расхода воды и сезонные колебания его; влияние количества и мощности рабочих насосов на потребность в резервных агрегатах, на общую установленную мощность и на стоимость оборудования; размеры насосной станции при различных вариантах оборудования ее; место нахождения насосной станции (например, при компрессорной станции или вне ее).

Учитывая, что компрессорные станции промышленных предприятий являются чаще всего энергетическими объектами, необходимо в насосной станции водоснабжения предусматривать резервный насосный агрегат, чтобы не было перебоев в водоснабжении при выходе насоса из строя.

В компрессорных станциях для подачи циркуляционной воды к компрессорам и на градирню применяются центробежные низконапорные насосы. Напор насоса выбирается в зависимости от принятой схемы водоснабжения.

В установках с градирнями и брызгальными бассейнами напор циркуляционных насосов определяется как сумма следующих величин:

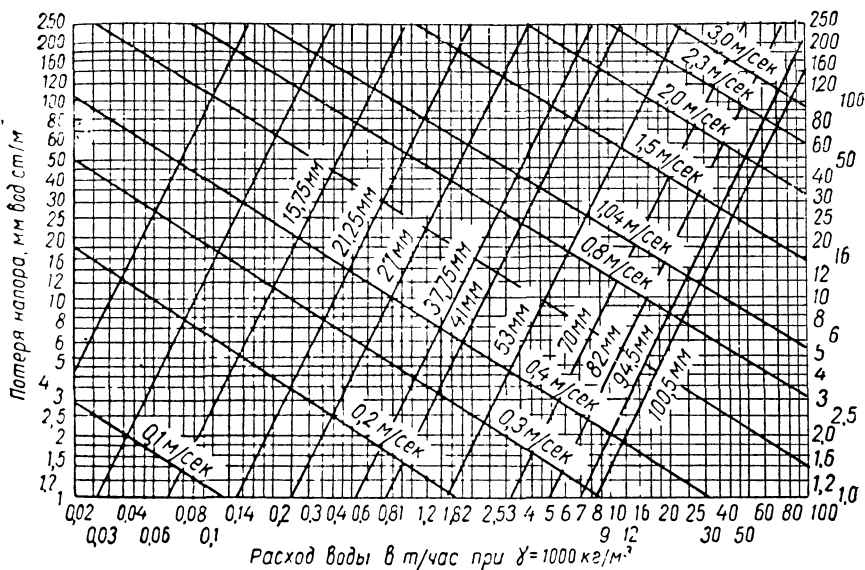
$$H_{нас} = H_{вс} + H_{под} + H + H_k + \sum H_m \text{ м вод. ст.},$$

- где $H_{вс}$ — высота всасывания насосом, обычно 2—2,5 м;
 $H_{под}$ — высота подачи воды, м вод. ст., равная разности отметок расположения отверстий сопел брызгальной градирни или верха капельной градирни и оси насоса; высоту подачи для брызгальных бассейнов принимают равной 2—4 м, для брызгальной градирни 5—7 м, а для капельной 10—12 м;
 H — напор перед соплом, равный 4—6 м вод. ст.;
 H_k — потеря напора в системе охлаждения компрессора, принимаемая равной 1,5—3 м вод. ст.;

ΣH_m — сумма потерь напора в трубопроводе, определяемая по формуле

$$\Sigma H_m = \Delta H (l + l_{\text{экв}}) \text{ м вод. ст.},$$

- где ΔH — потери напора на 1 м трубопровода, определяемые по номограмме, м вод. ст. (фиг. 64); диаметры трубопроводов должны обеспечивать скорость движения воды: в напорных не более 1,5—2,5, безнапорных до 1,5 и всасывающих трубопроводах до 1 м/сек;
- l — длина трубопровода, м;
- $l_{\text{экв}}$ — длина трубопровода, эквивалентная местным сопротивлениям, м (находится по табл. 28)



Фиг. 64. Номограмма для подсчета потерь напора на один метр трубопровода.

Таблица 28

Длина трубопровода в м, эквивалентная местным сопротивлениям

Наименование местных сопротивлений (арматуры и фасонных частей трубопровода)	Внутренний диаметр трубопровода, мм										
	25	50	80	100	125	150	200	250	300	350	400
Проходной запорный вентиль	6	15	25	35	50	60	65	100	140	170	200
Угловой запорный вентиль	3	7	11	15	20	25	35	50	60	70	85
Задвижка	0,3	0,7	1	1,5	2	2,5	3,5	5	6	8,5	
Нормальное колено	0,2	0,4	0,7	1	1,4	1,7	2,4	3,2	4	5	6
Тройник	2	4	7	10	14	17	24	32	40	50	60
Переход	1,5	1	2	2,5	3,5	4	6	8	10	12	15

Для ориентировочных расчетов можно принимать следующие величины напоров насосов:

1) при центральной насосной (размещение насосов вне здания компрессорной станции) с охлаждением воды в градирнях 20—25 м;

2) при центральной насосной с охлаждением воды в брызгальных бассейнах 30 м;

3) при установке насосов в здании компрессорной станции на 18—20 м.

Насосы для подачи охлажденной и горячей воды рекомендуется выбирать одинаковыми, несмотря на некоторое различие в необходимых напорах.

Мощность электродвигателя, требуемая для привода насоса, определяется по формуле

$$N_{дв} = \frac{1,15 QH \cdot 10^3 \gamma}{3600 \cdot 102 \eta_n} \text{ кВт},$$

где Q — производительность насоса, $\text{м}^3/\text{час}$;

H — давление, создаваемое насосом, м вод. ст.;

η_n — коэффициент полезного действия насоса, принимаемый на основании заводской характеристики; для ориентировочных расчетов $\eta_n = 0,85—0,9$;

γ — объемный вес воды, $\text{кг}/\text{м}^3$;

1,15 — коэффициент запаса мощности двигателя на случай временной перегрузки насоса.

В табл. 29 приведены технические характеристики насосных станций водоснабжения некоторых компрессорных станций.

Насосы, как правило, следует располагать в подвалах главного здания компрессорной станции, у постоянного торца в машинном зале или в углублении в полу машинного зала с таким расчетом, чтобы насосы находились под заливом. Устанавливать насосы для работы со всасыванием можно лишь в исключительных случаях при температуре воды не выше 50° .

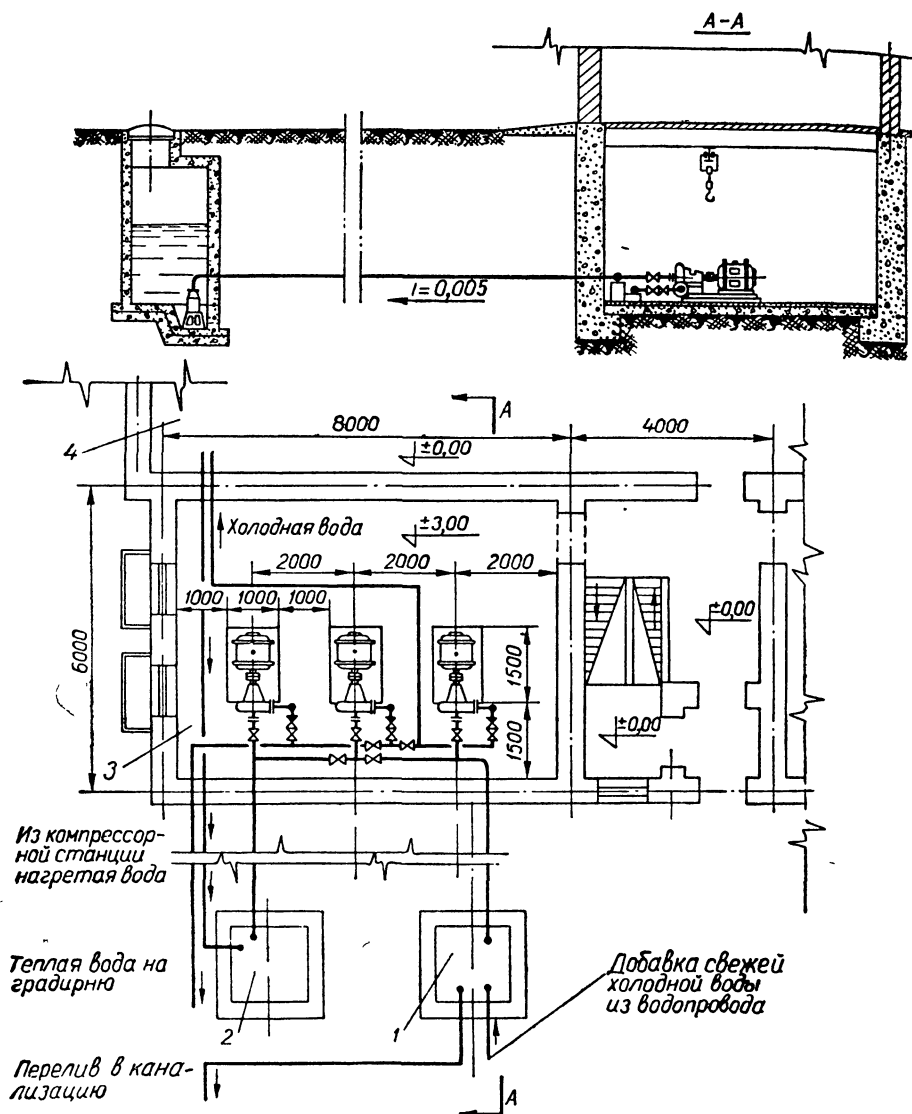
В этих случаях на конце всасывающего патрубка должен устанавливаться обратный клапан. Всасывающая линия водопровода должна быть по возможности короткой. С этой целью на самотечной линии холодной воды между градирней или брызгальным бассейном и насосной, расположенной в компрессорной станции, целесообразно размещать промежуточный колодец или резервуар, из которого холодная вода будет забираться насосом и подаваться к компрессорам и охладителям.

Для насосов, работающих без подпора, устройство промежуточного колодца обязательно.

На фиг. 65 показано примерное расположение насосов и промежуточных колодцев системы обратного водоснабжения.

Расчет охлаждающей воды и технические характеристики насосных станций

Тип компрессора	Число установ-ленных компрессо-ров	Производительность компрессорной станции			Расход охлаждающей воды		Насосы				Электродвигатель		
		рабочая, м³/мин	установ-ленная, м³/мин	без ко-нечного ох-лажде-ния	с ко-нечным ох-лажде-нием	Тип	Произво-димость, м³/час	Напор, м вод. ст.	Кодифи-кация, шт.	Мощ-ность, кВт	Число обо-ротов в минуту	Кодифи-кация, шт	
													Кодифи-кация, шт.
200В-10/8	2	10	20	3	6	—	—	—	—	—	—	—	—
200-В10/8	3	20	30	6	12	—	—	—	—	—	—	—	—
160В-20/8	2	20	40	6	12	2К-66	15	18	3	2,2	2900	3	3
160В-20/8	3	40	60	12	24	2К-6	30	24	3	4,2	2900	3	3
160В-20/8	4	60	80	18	36	3К-9а	40	22	3	5,1	2900	3	3
160В-20/8	5	80	100	24	48	3К-9	50	28	3	7,5	2900	3	3
В300-2К	3	80	120	26	50	3К-9	55	27,5	3	7,2	2900	3	3
В300-2К	4	120	160	39	75	4К-12а	80	28	3	10	2900	3	3
В300-2К	5	160	200	52	100	4К-12а	110	23	3	12	2900	3	3
В300-2К	6	200	240	65	125	6К-12	140	20	3	13	2900	3	3
2ВГ (или 55ВМ)	3	200	300	54	114	4К-12	120	28	3	16	1450	3	3
2ВГ (или 55ВМ)	4	300	400	81	171	6К-12	180	18,5	3	25	1450	3	3
2ВГ (или 55ВМ)	5	400	500	108	228	5ИД6	250	30	3	37	1450	3	3
2ВГ (или 55ВМ)	6	500	600	135	285	6ИД6	300	36	3	48	1450	3	3



Фиг. 65. Насосная станция оборотного водоснабжения, размещенная в подвальном помещении:

- 1 — колодец холодной воды; 2 — колодец теплой воды; 3 — помещение насосов; 4 — машинный зал компрессорной станции.

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ

1. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРИВОД КОМПРЕССОРА

В компрессорных станциях в качестве электрических приводов применяют синхронные и асинхронные электродвигатели трехфазного тока на номинальные напряжения 220, 380 и 6000 в при частоте тока 50 гц.

Данные о мощностях асинхронных электродвигателей, изготовляемых отечественными заводами, в зависимости от напряжения приведены в табл. 30.

Таблица 30

Мощности асинхронных электродвигателей, изготовляемых на различные напряжения

Стандартные напряжения, в	Мощность, квт	
	минимальная	максимальная
220	0,25	200
380	0,25	250
6000	200	1500

Следует отметить, что электродвигатели на напряжение 6000 в могут быть изготовлены и на большую мощность.

В отношении режима работы электродвигатели компрессорных станций относятся к электроприемникам, работающим при длительном режиме с неизменной или мало изменяющейся нагрузкой и установившейся температурой. Номинальная мощность электродвигателей выбирается в соответствии с их максимальной длительной нагрузкой.

В зависимости от числа оборотов компрессоров и принятой системы механической передачи движения к компрессору применяются синхронные электродвигатели со следующими числами оборотов в минуту: 3000, 1500, 1000, 750, 600, 500, 375, 187 и 167.

Синхронный электродвигатель целесообразно применять при мощности более 100 квт, так как кроме основного назначения он выполняет функции генератора реактивной мощности, улучшая коэффициент мощности ($\cos \varphi$).

Синхронные электродвигатели изготовляются обычно с опережающим $\cos \varphi = 0,8-0,9$ или $\cos \varphi = 1$. Это обстоятельство часто является основной причиной применения синхронных электродвигателей для привода компрессоров.

Асинхронные электродвигатели обладают более низким коэффициентом мощности (0,8—0,9) при номинальной нагрузке, который сильно снижается при неполной нагрузке.

Для правильного выбора электродвигателя в качестве привода компрессора необходимо учесть следующие параметры и условия:

- 1) напряжение (род тока принимаем трехфазный);
- 2) мощность на валу компрессора;
- 3) мощность трансформатора, от которого питается рассматриваемый электродвигатель;
- 4) быстроходность компрессора;
- 5) род передачи и передаточное число;
- 6) тип компрессора (поршневой или турбокомпрессор);
- 7) экономичность.

Напряжение электродвигателя часто определяется его мощностью или напряжением, принятым для всего предприятия в целом. Выбор высокого или низкого напряжения для электродвигателей обуславливается типом компрессоров: при незначительных мощностях электродвигателей принимаются электродвигатели низкого напряжения, а при больших мощностях — высоковольтные электродвигатели. Если мощность электродвигателя допускает применение высокого и низкого напряжений, то напряжение выбирается в соответствии с конкретными условиями электроснабжения, строительной частью здания, технологическими требованиями, а также экономической целесообразностью.

Выбор мощности электродвигателя зависит от индикаторной мощности компрессора (см. гл. 1).

Предъявляемые к электродвигателю требования в период установившегося режима определяются графиком нагрузки на валу компрессора.

Для привода турбокомпрессора, работающего при длительном режиме с постоянной равномерной нагрузкой или с небольшими случайными пиками, требуется применение асинхронных электродвигателей, обладающих жесткой механической характеристикой. Для поршневого компрессора, график нагрузки которого имеет явно выраженный периодический характер, должен выбираться электродвигатель с мягкой характеристикой.

Под механической характеристикой электродвигателя понимается зависимость скорости двигателя от развиваемого им момента. В зависимости от степени изменения скорости при изменении момента различают *абсолютно жесткие, жесткие и мягкие* механические характеристики. В том случае, когда при изменении момента скорость изменяется незначительно, механическую характеристику называют жесткой. Если же при изменении момента имеет место значительное изменение скорости, механическую характеристику называют мягкой.

Привод поршневого компрессора имеет некоторые особенности, обуславливающиеся действующим на его валу переменным по величине моментом сопротивления. Переменная нагрузка поршневого компрессора вызывается термодинамическими процессами, протекающими в цилиндрах компрессора, силами инерции движущихся частей, а также силами трения между ними.

Для сглаживания колебаний вращающего момента и уменьшения установленной мощности электродвигателя применяют маховик, который выравнивает нагрузку на валу электродвигателя.

Отдача энергии маховиком сопровождается снижением скорости вращения, что вызывает необходимость выбора электродвигателя с мягкой характеристикой, обеспечивающей падение скорости в пределах 10—15%, при изменении момента нагрузки.

В этом случае рекомендуется применение асинхронных электродвигателей с повышенным скольжением до 8—10% или с искусственно увеличенным скольжением до 10—15%, которое достигается включением в цепь ротора омического сопротивления. Это приводит к необходимости применения электродвигателя с фазовым ротором, что является менее экономичным по сравнению с асинхронным электродвигателем привода компрессора.

Пуск в ход каждого электродвигателя характеризуется пусковым режимом, длительность которого определяется способом пуска и временем разгона привода. Пуск в ход асинхронного электродвигателя с фазовым ротором и контактными кольцами осуществляется при помощи пускового реостата в цепи ротора. Если включить такой электродвигатель на полное напряжение сети при замкнутой накоротко обмотке неподвижного ротора, то пусковой ток ротора достигнет недопустимой величины, что может привести к аварии. Для исключения возможности такого включения на практике часто применяют блокирующее устройство, которое размыкает цепь включения электродвигателя в сеть при выведенном реостате.

Существуют следующие способы пуска асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором и синхронных электродвигателей с пусковой короткозамкнутой клеткой:

- 1) прямое включение на полное напряжение сети;
- 2) включение на пониженное напряжение через реостат в цепи статора;
- 3) включение обмотки статора в сеть с переключением со звезды на треугольник (понижение напряжения в $\sqrt{3}$ раза);
- 4) включение на пониженное напряжение через автотрансформатор или через реактор.

Режим разгона электродвигателей с короткозамкнутым ротором не может регулироваться и является заданным их механическими характеристиками.

Прямое включение электродвигателей с короткозамкнутым ротором является самым распространенным способом пуска и применяется во всех случаях, когда это допустимо по условиям электроснабжения.

В табл. 31 приведены данные максимальных мощностей электродвигателей 380 в с короткозамкнутым ротором, включаемых на полное напряжение сети, в зависимости от мощности питающего силового трансформатора и допустимого падения напряжения в сети.

Падения напряжения в указанной таблице до 10% допускаются в чисто силовых сетях; 4% — в сетях, общих для силового и осветительного электрооборудования при редких пусках; 2% — в общих сетях при частых пусках.

Зависимость максимальной мощности электродвигателей 380 в с короткозамкнутым ротором от мощности трансформатора при прямом включении

Падение напряжения, %	Мощность трансформатора, <i>кв</i>					
	100	180	320	560	750	1000
	Максимальная мощность электродвигателя, <i>квт</i>					
2	4,2	7,5	13,3	23	31	42
4	8,4	15	27	47	62	84
10	21	37	56	116	155	210

Показателями, характеризующими пуск и перегрузочную способность асинхронных электродвигателей, являются пусковой ток, пусковой и максимальный (опрокидывающий) моменты.

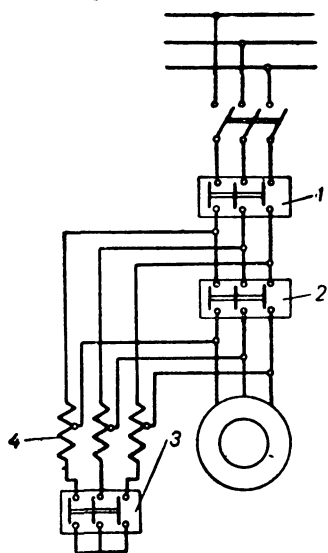
Пуск электродвигателей с переключением со звезды на треугольник сопровождается уменьшением пускового тока и момента в три раза и может применяться только при наличии в электродвигателе шести выводов обмотки статора. При переключении со звезды на треугольник без перерыва цепи тока несколько облегчается пуск электродвигателей. Для этой цели ставят специальные переключатели.

Схема пуска синхронных электродвигателей через автотрансформатор (фиг. 66) применяется главным образом для электродвигателей большой мощности, соизмеримой с мощностью трансформаторов или генераторов, от которых осуществляется питание электроэнергией.

Указанный способ пуска дает возможность получить на валу электродвигателя пусковой момент, величина которого зависит от величины напряжения на зажимах электродвигателя, задаваемой и регулируемой включением различных ступеней ответвлений автотрансформатора.

Очередность операций во время пуска следующая:

- 1) включается выключатель 3 — фазы автотрансформатора соединяются звездой;
- 2) включается главный выключатель 1;
- 3) по достижении электродвигателем скорости, близкой к нормальной;



Фиг. 66. Схема пуска асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором через автотрансформатор.

ной, отключается выключатель 3, автотрансформатор 4 превращается в это время в дроссель — к электродвигателю продолжает подаваться пониженное напряжение;

4) включается выключатель 2, шунтирующий автотрансформатор, и электродвигатель включается на полное напряжение сети.

Таким образом, приведенная схема позволяет осуществлять переключения без разрыва цепи тока.

Пуск электродвигателя через реактор (фиг. 67) аналогичен способу пуска через автотрансформатор и применяется преимущественно для электродвигателей высокого напряжения и большой мощности для снижения величины пускового тока при сохранении достаточной величины пускового момента. Этот способ применим, если условия снижения пускового тока со стороны электроснабжающей системы не являются весьма жесткими.

Очередность операций при пуске электродвигателя следующая:

- 1) включается выключатель 1;
- 2) при достижении электродвигателем числа оборотов, близких к номинальным, включается выключатель 2, шунтирующий реактор 3.

По схемам (фиг. 66 и 67) могут включаться высоковольтные и низковольтные электродвигатели; отличие схем состоит лишь в типах применяемых аппаратов.

2. АППАРАТУРА УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Аппаратуру управления электродвигателями низкого напряжения (до 500 в) можно разделить на следующие группы: неавтоматическую (ручное управление), автоматическую и полуавтоматическую. Полуавтоматическое управление применяется тогда, когда часть операций управления осуществляется вручную при помощи кнопок или командоконтроллеров, а остальные — автоматически.

В качестве аппаратов ручного управления применяются рубильники, пакетные и кнопочные выключатели, а также масляные пускатели и реостаты. Для защиты электрооборудования в схемах ручного управления применяются предохранители с плавкими вставками.

Для автоматического и полуавтоматического управления электродвигателями применяются *автоматы, контакторы, магнитные пускатели и станции управления.*

Основное назначение *автоматических воздушных выключателей (автоматов)* состоит в обеспечении максимальной защиты электро-

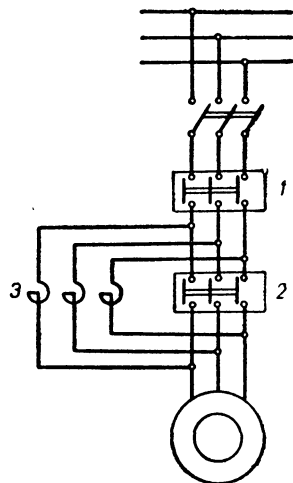


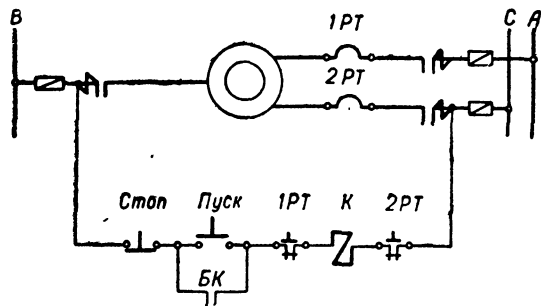
Рис. 67. Схема пуска асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором через реактор.

двигателей при токах перегрузки и коротких замыканиях, а также нулевая защита их. Наличие минимальной катушки в автомате дает возможность осуществлять дистанционное отключение его.

Автоматические воздушные выключатели изготавливаются на номинальные токи от 100 до 1500 а. В зависимости от схемы они снабжаются максимальными и минимальными разбейниками, работающими

на постоянном или переменном токе.

Контактор переменного тока типа «КТ» представляет собой электромагнитный аппарат для включения и отключения электрических цепей. Он имеет контакты прижимного действия с магнитным искрогашением, что дает возможность применения его в тяжелых условиях работы. Контакты управляются катушкой со стальным сердечником.



Фиг. 68. Развернутая схема нереверсивного магнитного пускателя:

К — катушка контактора; БК — блок-контакты катушки контактора; 1РТ, 2РТ — тепловые реле; А, В, и С — обозначения фаз

ком. Применяются контакторы главным образом для автоматического и полуавтоматического управления цепями главного тока электроприводов.

Одним из наиболее простых и распространенных аппаратов, применяемых в схемах автоматического управления асинхронными электродвигателями низкого напряжения, является магнитный пускатель. Он представляет собой пусковой аппарат, в защитном кожухе которого находятся контактор и тепловые реле. Магнитный пускатель управляется дистанционно при помощи кнопок. В большинстве магнитных пускателей встраиваются тепловые реле типа «РТ» (обычно в две фазы).

Наличие включающей катушки в магнитных пускателях дает возможность осуществлять нулевую защиту электродвигателей при снижении напряжения сети или при полном его исчезновении.

Различают *нереверсивные* (фиг. 68) и *реверсивные* магнитные пускатели. В реверсивных пускателях устанавливаются рядом два контактора, которые между собой механически заблокированы таким образом, что если один из них включен, то второй не может включиться.

В табл. 32 приведены технические данные магнитных пускателей серии «П» и данные о максимально допустимых мощностях короткозамкнутых электродвигателей, которые могут включаться пускателями определенной величины при разных напряжениях сети.

Автоматическое и полуавтоматическое управление электродвигателями осуществляется также и при помощи станций управления, которые представляют собой комплекты низковольтных электромагнитных

Технические данные магнитных пускателей серии «П»

Величина пускателя	Максимальная мощность двигателя при напряжении, <i>квт</i>				Номинальный ток пускателя, <i>а</i>	
	127 в	220 в	380 в	500 в	защищенного	открытого
I	1	1,7	1,7	1,7	13,5	15
II	2,5	4,0	5,0	5,5	Не имеют тепловых реле	
III	6	11	15	18	20	22,5
IV	10	20	28	40	40	45
V	20	37	55	75	90	100
					135	150

аппаратов, смонтированных на изоляционных плитах из пропитанного асбоцемента или гетинакса. В зависимости от количества и размеров монтируемых аппаратов станция управления может состоять из одной или нескольких изоляционных плит. Станции управления, состоящие из одной отдельной плиты, носят название блоков; они не имеют стального каркаса и выполняются размерами не более 1000 × 1000 мм.

Станции, состоящие из нескольких плит, укрепленных вместе на стальном каркасе, носят название панелей.

Существует большое количество типов станций управления в зависимости от типа, мощности, напряжения и исполнения ротора электродвигателя.

3. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ

Источником электроснабжения компрессорной станции может быть городская или районная электростанция, собственная электрическая станция предприятия, а также районные трансформаторные подстанции или линии электропередачи, связывающие распределительную сеть предприятия с сетью энергосистемы района.

В соответствии с правилами устройства электроустановок [33] компрессорные станции, с точки зрения бесперебойности электроснабжения, относятся к потребителям II категории, т. е. когда перерыв в электроснабжении связан с существенным недоотпуском продукции, простоем рабочих, механизмов, нарушением нормальной работы компрессорной станции.

Как правило, при компрессорной станции должна сооружаться трансформаторная подстанция для приема, преобразования и распределения электрической энергии.

Для выбора системы электроснабжения и мощности силовых трансформаторов необходимо знать ожидаемую нагрузку от электроприемников.

Все электроприемники компрессорной станции разделяются на характерные группы с практически одинаковым характером режима работы. Потребляемая мощность каждой из этих групп при максимальном режиме определяется путем умножения установленной мощности всех электроприемников данной группы на коэффициент спроса. При этом учитываются только рабочие агрегаты оборудования.

Потребителями электроэнергии компрессорных станций являются электродвигатели компрессоров, насосов, вентиляторов, подъемно-транспортных устройств, станков, а также электрические печи для подогрева воздуха при регенерации абсорбента в осушительных устройствах.

В табл. 33 приведены значения коэффициентов спроса, а также средних значений коэффициентов мощности ($\cos \varphi$) для отдельных групп электроприемников, встречающихся в компрессорных станциях.

Таблица 33

Средние эксплуатационные коэффициенты спроса потребителей электроэнергии

Наименование характерных групп электроприемников	Коэффициент спроса	Коэффициент мощности $\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$
Производственные насосы, вентиляторы, компрессоры и двигатели-генераторы	0,75	0,8	0,75
Сантехнические насосы и вентиляторы	0,65	0,8	0,75
Станочное оборудование	0,2	0,65	1,17
Электродвигатели повторно-кратковременного режима работы: кранов, кранбалок и тельферов	0,18	0,45	1,97
Печи сопротивления	0,7	1	—
Электрическое освещение	0,85	1	—

Коэффициенты $\cos \varphi$ и $\operatorname{tg} \varphi$ используются для определения реактивной и кажущейся мощностей, необходимых для выбора мощности силового трансформатора.

Выбор мощности силовых трансформаторов на подстанции должен соответствовать расчетной (ожидаемой) нагрузке низковольтных потребителей. При этом можно рекомендовать загрузку силового трансформатора на 85—90 % его номинальной мощности для более экономичной работы, а также для обеспечения возможности увеличения электрической нагрузки.

Трансформаторная подстанция состоит из трансформаторов, распределительных устройств (высокого и низкого напряжений) и устройств управления.

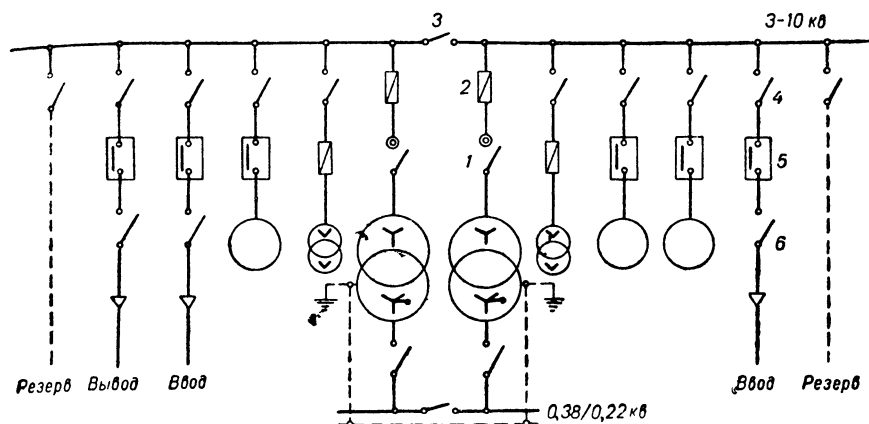
Соединение всех элементов распределительных устройств высокого и низкого напряжений в общую схему электрических соединений осуществляется при помощи сборных шин.

По форме изображения схемы первичных цепей подразделяют на однолинейные и трехлинейные, причем аппараты на схеме изображаются в той же последовательности, что и в действительной установке. В дальнейшем будут рассматриваться только однолинейные схемы,

в которых три фазы каждого элемента обозначаются на чертеже одной линией, что является более наглядным и вполне достаточным для решения всех принципиальных вопросов.

Схемы вторичных цепей, представляющие собой графическое изображение всех вспомогательных элементов схемы, как-то: цепей защиты, измерения, управления и сигнализации, выполняются с указанием всех трех фаз переменного тока и обоих полюсов постоянного тока.

Вторичные схемы коммутации в книге не рассматриваются.



Фиг. 69 Схема первичной коммутации трансформаторной подстанции с высоковольтными электродвигателями:

1 — выключатель нагрузки; 2 — трубчатый предохранитель; 3 — секционный разъединитель; 4 — шинный разъединитель; 5 — выключатель; 6 — линейный разъединитель

При выборе схемы коммутации подстанции, кроме обеспечения бесперебойности, необходимо учитывать требования удобства эксплуатации, гибкости и надежности работы установки, а также экономичности ее. Для обеспечения этих требований и следует выбирать количество питательных линий, число и мощность силовых трансформаторов и способы их взаимного резервирования без дополнительных капиталовложений.

Для электродвигателей компрессоров большой производительности целесообразно принимать напряжение, соответствующее шинам высокого напряжения подстанции.

При напряжении высоковольтных электродвигателей, отличном от напряжения сборных шин подстанции, осуществляется промежуточная трансформация.

Примерная однолинейная схема первичной коммутации подстанции с высоковольтными электродвигателями показана на фиг. 69.

Для подстанций с двумя питающими линиями рекомендуется одинарная система шин высокого напряжения, разделенного на две секции через разъединитель. В нормальном режиме оба ввода от источника питания включены, а секционный разъединитель 3 выключен.

При аварийном выходе из строя одной из питающих линий она отключается от сборных шин, а секционный разъединитель включается. Подключение электродвигателей высокого напряжения осуществляется к двум различным секциям. Если на подстанции устанавливается два трансформатора, то они также присоединяются к различным секциям шин высокого напряжения (6—10 кВ).

Шины низкого напряжения рекомендуется секционировать по количеству силовых трансформаторов. Секционирование осуществляется при помощи разъединителей или рубильников в зависимости от мощности трансформаторов, причем практикуется раздельная работа трансформаторов.

Как видно из схемы, на питающей линии, кроме выключателя 5, предусматривается установка двух разъединителей: линейного 6 и шинного 4. Установка двух разъединителей диктуется соображениями безопасности. При работе с выключением должно быть снято напряжение как от шин, так и со стороны питающей линии. На линиях к высоковольтным электродвигателям нет необходимости в установке линейного разъединителя, так как возможность «обратного питания» исключена.

Силовые трансформаторы коммутируются на шины высокого напряжения через выключатели нагрузки 1 и трубчатые предохранители 2, причем по направлению мощности от шин сначала устанавливаются предохранители, а затем выключатели нагрузки. Это вызвано необходимостью защиты шин и других потребителей от аварии при неисправностях, могущих возникнуть в выключателях нагрузки при отключении ими токов короткого замыкания или же при затяжке дуги вследствие неисправности дугогасящей камеры.

К шинам вторичного напряжения силовых трансформаторов подключаются все низковольтные потребители компрессорной станции. Для этого на подстанции предусматривается установка щита низкого напряжения, на котором монтируются коммутационные и защитные аппараты, а также измерительные приборы.

При отсутствии на компрессорной станции электродвигателей высокого напряжения распределительное устройство 6—10 кВ, а следовательно, и схема коммутации подстанции значительно упрощаются. При этом, если подстанция включается в систему электроснабжения предприятия по схеме кольцевой разомкнутой магистрали, то схема коммутации приобретает вид, приведенный на фиг. 70. Питающие линии высокого напряжения подключаются к сборным шинам через разъединители или выключатели нагрузки.

При питании трансформаторной подстанции по радиальной схеме (тупиковая подстанция) распределительное устройство не сооружается, а отключающие аппараты устанавливаются непосредственно в камерах силовых трансформаторов.

К основным элементам электрооборудования трансформаторных подстанций относятся *силовые трансформаторы, выключатели-разъединители, трансформаторы тока и напряжения, токоведущие части, изоляторы, релейная и измерительная аппаратура.*

На компрессорных станциях применяются понижающие двух-обмоточные трехфазные трансформаторы, в которых высокое (первичное) напряжение $U_{ном ВН}$ трансформируется на низкое (вторичное) напряжение $U_{ном НН}$, необходимое для питания электроприемников компрессорной станции.

Отношение номинальных напряжений первичной и вторичной обмоток трансформатора называется коэффициентом трансформации, выражение которого имеет следующий вид:

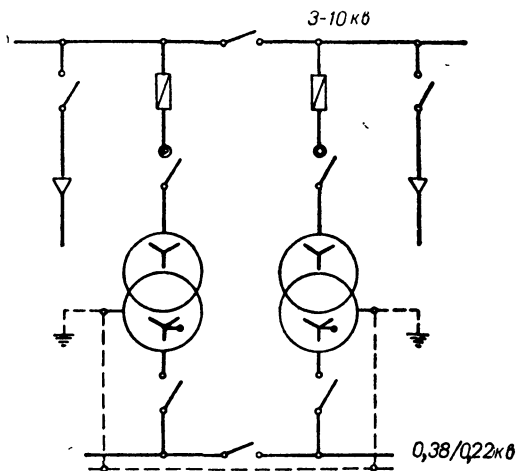
$$k_m = \frac{U_{ном ВН}}{U_{ном НН}}$$

Величины токов в обмотках трансформатора можно приблизительно считать обратно пропорциональными их напряжениям.

В аварийных случаях для силовых трансформаторов допускаются перегрузки, время которых зависит от величины нагрузки. Продолжительность таких перегрузок указана в табл. 34.

Высоковольтные выключатели являются основными электрическими аппаратами установок высокого напряжения. Они предназначаются для оперативных переключений электрических цепей высокого напряжения под нагрузкой, а также для автоматических отключений при коротких замыканиях.

Основными параметрами выключателей являются номинальные величины тока и напряжения, а также ток и мощность отключения, возникающие при коротком замыкании.



Фиг. 70 Схема первичной коммутации трансформаторной подстанции, включенной по схеме кольцевой разомкнутой магистрали

Таблица 34

Допускаемые аварийные перегрузки трансформаторов

Нагрузка в процентах к номинальной	Допускаемая длительность перегрузки	
	для открытой установки трансформатора, мин	для закрытой установки трансформатора, мин
130	120	60
160	30	15
175	15	8
200	7,5	4
300	1,5	1

Высоковольтные выключатели разделяются на две основные группы: масляные и безмасляные выключатели. В первую группу включают многообъемные и малообъемные масляные выключатели. К группе безмасляных выключателей относятся водяные, автогазовые, электромагнитные автопневматические и воздушные (со сжатым воздухом) выключатели.

В электрических установках компрессорных станций применяются преимущественно масляные баковые выключатели типа ВМБ-10 и горшковые выключатели типа ВМГ-133 с малым объемом масла.

В многообъемных масляных выключателях масло используется для гашения электрической дуги, охлаждения, изоляции токоведущих частей друг от друга и от корпуса бака. В малообъемных масляных выключателях масло используется только для гашения дуги. Изоляция токоведущих частей их осуществляется с помощью воздуха и изоляционных материалов.

В связи с малым объемом масла и весьма прочной конструкцией баков малообъемные выключатели можно отнести к взрыво- и пожаробезопасным аппаратам, что значительно упрощает установку их в закрытых распределительных устройствах благодаря безопасности для обслуживающего персонала.

Большое распространение на подстанциях компрессорных станций получили выключатели нагрузки, которые являются маломощными выключателями высокого напряжения. Благодаря наличию дугогасительных камер из органического стекла они допускают отключение токов нагрузки, но только не при коротких замыканиях.

В цепях линий малой мощности, а также силовых трансформаторов мощностью до 1000 *кВА* устанавливаются выключатели нагрузки типа ВНП-16 и ВНП-17 завода «Электроаппарат». Указанные выключатели выпускаются с пристроенными кварцевыми высоковольтными предохранителями типа ПК, которые служат для защиты электрической цепи от токов короткого замыкания.

Для управления выключателями применяются приводы, которые осуществляют операции включения, удержания во включенном положении и отключения выключателей.

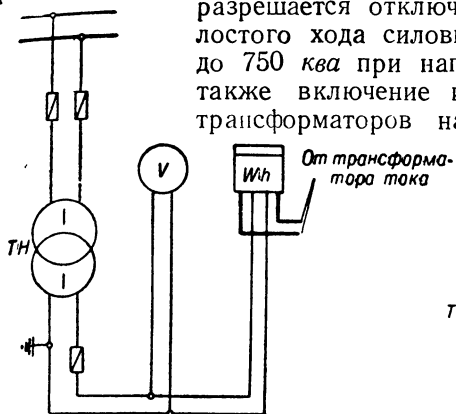
Управление высоковольтными выключателями типов ВМБ-10 и ВМГ-133 осуществляется ручными (неавтоматическими и автоматическими) и электромагнитными (соленоидными) приводами.

Применение ручных автоматических приводов ограничивается величиной усилия, требующегося от оператора (оно не должно превышать величину 30 *кг*), и величиной ударного тока короткого замыкания, которая не должна превышать 30 *ка*.

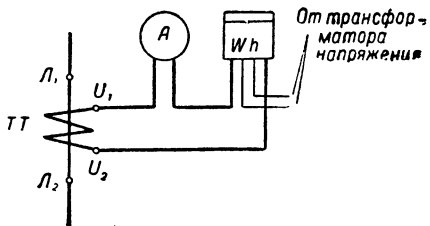
Достоинством ручных приводов является простота конструкции, а недостатком — невозможность дистанционного управления. При необходимости дистанционного управления на компрессорных станциях применяют соленоидный привод типа ПС-10 или грузовой привод типа ПГМ-10. В качестве ручных приводов для масляных выключателей типа ВМБ-10 применяют приводы типа ПРА-10, а для выключателей типа ВМГ-133 — типа ПРБА.

Для выключателей нагрузки применяются ручные приводы типов ПР-16 и ПР-17, а также привод типа ПРА-17 с отключающим электромагнитом для дистанционного управления.

Одним из основных разъединяющих аппаратов электрических распределительных устройств являются разъединители, которые не имеют дугогасительных устройств. Основным их назначением является снятие напряжения при отключенном выключателе, в цепи которого они установлены. «Правилами устройства электроустановок» разрешается отключение разъединителями тока холостого хода силовых трансформаторов мощностью до 750 кВА при напряжении до 10 кВ. Допускается также включение и отключение разъединителями трансформаторов напряжения.



Фиг. 71. Схема включения измерительных приборов в цепь однофазного трансформатора напряжения



Фиг. 72. Схема включения измерительных приборов в цепь трансформатора тока.

Отключение разъединителем тока нагрузки может не только разрушить его, но и привести к тяжелому короткому замыканию в установке. Для подстанций при компрессорных станциях наиболее распространенным является трехполюсный разъединитель для внутренней установки типа РВ для напряжений до 10 кВ на силу тока 400, 600 и 1000 А. Управление указанными разъединителями осуществляют ручными рычажными приводами.

Чтобы предотвратить возможность операций с разъединителями при включенном выключателе, предусматривается блокировка привода разъединителя с приводом выключателя (механическая или электрическая).

При высоком напряжении и большой силе тока включение последовательных и параллельных обмоток измерительных приборов и релейной аппаратуры в измеряемую или защищаемую цепь в большинстве случаев является затруднительным или недопустимым. В этом случае применяют измерительные трансформаторы (тока и напряжения), первичная обмотка которых включается в измеряемую или защищаемую цепь, а во вторичную обмотку их включаются обмотки соответствующих приборов. Благодаря этому достигается: безопасность измерения, защита последовательных обмоток приборов от воздействия больших токов при коротких замыканиях в сети и возмож-

трансформаторы напряжения изготавливаются однофазными и трехфазными. Принципиальная схема включения измерительных приборов в цепь однофазного трансформатора напряжения приведена на фиг. 71.

Отношение номинального первичного тока трансформатора тока $I_{1 \text{ ном}}$ ко вторичному $I_{2 \text{ ном}}$ называют его номинальным коэффициентом трансформации и обозначают

$$k_{\text{ном}} = \frac{I_{1 \text{ ном}}}{I_{2 \text{ ном}}}.$$

На фиг. 72 показана схема включения измерительных приборов в цепь трансформатора тока.

4. КОМПОНОВКА ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ

При выборе конструкции трансформаторных подстанций компрессорных станций следует руководствоваться соображениями обеспечения надежного питания потребителей электроэнергии, безопасного обслуживания оборудования и удобного наблюдения за приборами измерения и защиты. Кроме того, важными факторами, влияющими на конструктивное решение подстанции, являются снижение стоимости строительства и применение индустриальных методов, монтажа, обеспечивающих сокращение срока строительства. Наконец, расположение оборудования и помещений подстанции определяется запроектированной схемой коммутации, выбранной высоковольтной аппаратурой, а также количеством и мощностью силовых трансформаторов.

Трансформаторная подстанция, как правило, пристраивается к зданию компрессорной станции и состоит из распределительного устройства высокого напряжения, камер силовых трансформаторов и щитового помещения.

Строительная часть распределительного устройства высокого напряжения определяется в основном типом принятых масляных выключателей и при установке выключателей с большим объемом масла предусматривается со взрывными ячейками, имеющими выходы наружу и предкамеры со стороны коридора управления. Строительная часть распределительных устройств с малообъемными масляными выключателями значительно упрощается и состоит из кирпичной коробки, в которой устанавливаются сборные металлические камеры с аппаратурой высокого напряжения. Наибольшее распространение получили сборные металлические камеры типа КСО-2У, установка которых дает возможность применять индустриальные методы строительства подстанций.

Ширина коридора управления РУ 6-10 кВ при одностороннем расположении камер должна быть принята величиной 1,5 м, а при двухстороннем размещении — 2 м.

... выходов из распределительного устройства зависит от длины его: при длине распределительного устройства до 7 м допускается один выход, а при длине его от 7 до 60 м включительно следует предусматривать два выхода по концам распределительного устройства.

Размеры камер определяются размерами силовых трансформаторов и расстоянием (в свету) от кожуха трансформатора до стен. Эти размеры должны быть не менее:

1) до задней и боковых стен — 0,3 м для трансформаторов мощностью до 320 *кВА* включительно и 0,6 м — для трансформаторов большей мощности;

2) со стороны входа — до полотна двери или выступающих частей стены — 0,6 м для трансформаторов мощностью до 320 *кВА* включительно; 0,8 м — до 1000 *кВА* и 1 м — более 1000 *кВА*.

Указанные расстояния принимаются до наиболее выступающих частей кожуха трансформатора, расположенных на высоте менее 1,9 м от пола.

Распределительный щит низкого напряжения устанавливается в отдельном щитовом помещении.

Наибольшее применение получили прислонные щиты, являющиеся достаточно удобными в эксплуатации и позволяющие уменьшать строительные размеры здания подстанции.

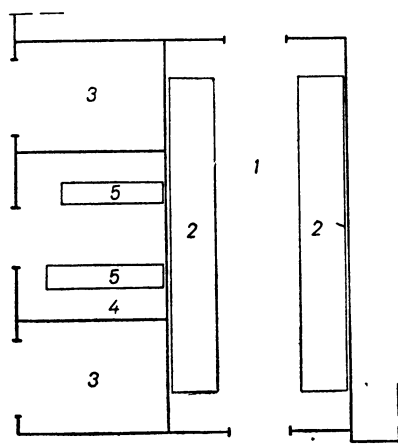
На металлическом каркасе щита низкого напряжения монтируются коммутационная низковольтная аппаратура и измерительные приборы.

Компоновка трансформаторной подстанции заключается в наиболее правильном и удобном расположении отдельных помещений подстанции, отвечающем наилучшим условиям монтажа и эксплуатации.

Размеры отдельных помещений подстанций, а следовательно, и их взаимное расположение зависят от количества и производительности компрессоров, а также от типа применяемого для них электропривода. При высоковольтных электродвигателях для привода компрессоров на подстанции сооружаются значительное по размерам распределительное устройство высокого напряжения, камера силового трансформатора небольшой мощности и щитовое помещение на 2—4 панели. Если для привода компрессоров применяются электродвигатели низкого напряжения, то высоковольтное распределительное устройство предусматривается небольшим (с тремя или четырьмя ячейками), на подстанции устанавливается один или два трансформатора мощностью по 320—750 *кВА* каждый, а в щитовом помещении монтируется значительно большее количество панелей, чем при варианте компрессорной станции с электродвигателями высокого напряжения.

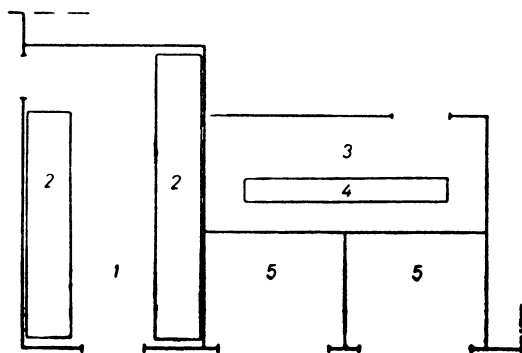
На фиг. 73 приведена схема компоновки подстанции для компрессорной станции с тремя воздушными компрессорами производительностью по 100 $\text{м}^3/\text{мин}$ каждый с электродвигателями на напряжение 6 *кВ*.

Примерная компоновка подстанции для компрессорной станции, имеющей четыре компрессора производительностью по 20 $\text{м}^3/\text{мин}$ каждый, показана на фиг. 74.



Фиг. 73. Схема компоновки подстанции для компрессорной станции с тремя высоковольтными электродвигателями:

1 — распределительное устройство высокого напряжения; 2 — сборные камеры типа КСО-2У; 3 — камеры силовых трансформаторов; 4 — помещение щита низкого напряжения; 5 — щит низкого напряжения.



Фиг. 74. Схема компоновки подстанции для компрессорных станций с четырьмя низковольтными электродвигателями:

1 — распределительное устройство высокого напряжения; 2 — сборные камеры типа КСО-2У; 3 — помещение щита низкого напряжения; 4 — щит низкого напряжения; 5 — камеры силовых трансформаторов.

Схема компоновки, приведенная на фиг. 75, изображает подстанцию для компрессорной станции с тремя компрессорами высокого давления производительностью по 14 м³/мин и четырьмя компрессорами низкого давления производительностью по 40 м³/мин. К указанным компрессорам приняты электродвигатели напряжением 6 кв. Электрообеспечение компрессорной станции осуществляется на напряжении 10 кв. На подстанции предусмотрена промежуточная трансформация, для чего устанавливаются 3 трансформатора 10/6 кв мощностью по 1000 ква каждый и предусмотрено два распределительных устройства (10 и 6 кв). Часто распределительное устройство компрессорной станции служит также и распределительным пунктом для других подстанций промышленного предприятия.

При расположении помещений трансформаторной подстанции рекомендуется камеры силовых трансформаторов располагать примыкающими к щитовому помещению для соединения низковольтных выводов трансформаторов со щитом низкого напряжения при помощи голых шин.

Примеры взаимного расположения подстанции с остальными помещениями компрессорной станции приведены в главе VIII.

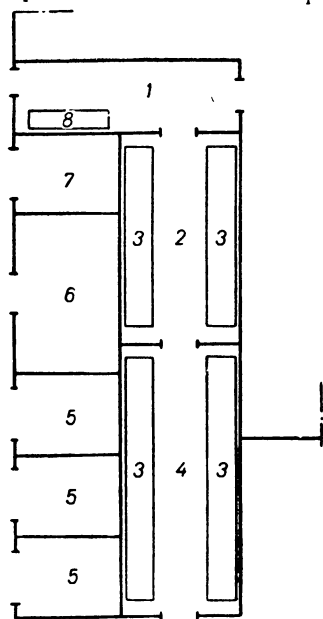
5. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ

Компрессорные станции работают обычно в две или три смены, что определяет необходимость длительного нахождения обслуживающего персонала при искусственном (электрическом) освещении.

Различают следующие системы освещения: общее, местное и комбинированное.

Рабочее освещение является основным видом освещения компрессорных станций. Кроме того, устраивается аварийное освещение, которое должно обеспечить не менее 10% освещенности, нормированной для общего освещения. Светильники аварийного освещения выделяются из числа светильников общего освещения; на них должны быть нанесены специальные знаки.

Питание сети электроосвещения компрессорной станции осуществляется от щита низкого напряжения подстанции. Напряжение сети



Фиг. 75. Схема компоновки подстанции при компрессорной станции с промежуточной трансформацией для высоковольтных электродвигателей:

1 — помещение щита низкого напряжения и дежурного; 2 — распределительное устройство 6 кв, 3 — сборные камеры типа КСО-2У; 4 — распределительное устройство 10 кв; 5 — камеры силовых трансформаторов; 6 — помещение для статических конденсаторов; 7 — камера силового трансформатора; 8 — щит низкого напряжения.

общего освещения принимается равным 380/220 в и реже — 220/127 в. Для переносного освещения используется пониженное напряжение в 36 в. Для этой цели предусматривается установка понижающих трансформаторов и штепсельных розеток, к которым подсоединяются переносные лампы.

Сеть аварийного освещения должна быть присоединена к сети, независимой от сети рабочего освещения. Чаще всего она питается от силовой сети, что обеспечивает горение ламп аварийного освещения при неисправностях в сети рабочего освещения.

Для определения мощности электрического освещения производится светотехнический расчет исходя из минимальной освещенности, которая определяется по «Правилам устройства электроустановок».

Для расчета освещения производственных и бытовых помещений в настоящее время широкое применение получил метод удельной мощности, по которому определяется часть общей мощности ламп, приходящаяся на единицу освещаемой площади ($вт/м^2$). Удельная мощность зависит от многих факторов, но практически довольно устойчива для определенных групп помещений.

Удельная мощность определяется по таблицам, приведенным в специальных справочниках по электрическому освещению, в зависимости от характера и размеров помещения, а также от типа применяемого светильника. Путем умножения найденной удельной мощности на площадь освещаемого помещения определяется общая мощность ламп. Затем по выбранному расположению светильников определяют количество светильников и мощность установленных в них ламп.

В табл. 35 приведены значения минимальной освещенности, удельные мощности и рекомендуемые типы светильников для различных помещений компрессорных станций.

Таблица 35

Некоторые проектные решения по электроосвещению помещений
характерных компрессорных станций

Наименование помещений	Характеристика среды	Минимальная освещенность, лк	Средняя удельная мощность, $вт/м^2$	Преобладающие типы светильников
Компрессорный зал	Нормальная	50	17	Универсаль, глубокоизлучатель
Насосная	Влажная	20	13	Универсаль, люцетта с фарфоровым патроном
Мастерская	Нормальная	30	15	Универсаль
Распределительное устройство 6-10 кв	Нормальная	30	12	Люцетта, стеновой патрон
Камера силового трансформатора	Пожароопасная	30	10	Стеновой патрон
Щитовое помещение	Нормальная	30	14	Люцетта, плафон, стеновой патрон
Склад горючего и масла	Взрывоопасная	10	7	НОБ, НОГ
Уборные и умывальные	Сырая	15	14	Пылеводозащищенный
Душевые	Особо сырая	15	16	Пылеводозащищенный

6. ЗАЗЕМЛЕНИЕ

В электрических установках возможны случаи, когда металлические части оборудования, нормально не являющиеся токоведущими и не находящиеся под напряжением, вследствие повреждения изолирующих устройств электрически соединяются с элементами цепи электрического тока.

Прикосновение к таким частям оборудования человека без специальных средств защиты (галоши, резиновые перчатки, коврики и т. п.) может привести к несчастному случаю.

Индивидуальные защитные средства применяются только лицами, обслуживающими электрические установки.

Для обеспечения безопасности обслуживающего персонала в электрических установках применяются устройства защитных заземлений.

Защитным заземлением называется преднамеренное соединение с заземлителем металлических частей установки, нормально не находящихся под напряжением.

Заземлению подлежат следующие элементы электрооборудования: корпуса электродвигателей и пусковой аппаратуры, кабельных муфт, силовых и осветительных щитов, металлические корпуса светильников, броня и металлические оболочки кабелей. В качестве элементов сети заземления должны быть широко использованы металлические трубы электрических сетей, металлические части и конструкции зданий, а также металлические подземные сооружения и коммуникации (естественные заземлители). При глухозаземленной нейтрали трансформатора необходимо обеспечить металлическую связь сети заземления компрессорной станции с заземленной нейтралью электроустановки.

Искусственные заземляющие устройства выполняются из нескольких одиночных заземлителей (электродов заземления), забиваемых в землю и соединенных между собой лентой из полосовой стали. В качестве электродов заземления применяются отрезки угловой стали $50 \times 50 \times 5$ длиной 2,5—3 м, расположенные на расстоянии 2,5—5 м друг от друга в зависимости от местных условий. Забивка заземляющих электродов на расстоянии менее 2,5 м друг от друга не может быть рекомендована из-за ухудшения условий растекания токов в земле.

Количество электродов заземления определяется расчетом в зависимости от значений токов замыкания на землю в рассматриваемой сети и сопротивления растеканию в земле. Кроме того, учитывается степень опасности поражения людей электрическим током в рассматриваемом помещении, по которой определяется расчетное напряжение прикосновения.

Расчеты заземляющих устройств приводятся в специальной литературе.

МАСЛОХОЗЯЙСТВО КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ

1. СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИХ ПОТРЕБИТЕЛИ

Для смазки поршневых и ротационных компрессоров применяются нефтяные масла сернокислотной очистки следующих марок: компрессорное 12 (М) и компрессорное 19 (Т), характеристики которых приведены в табл. 36.

Таблица 36

Характеристики масел для поршневых и ротационных компрессоров
(по ГОСТу 1861-54)

Наименование показателя	Нормы по маркам	
	12 (М)	19 (Т)
Вязкость кинематическая при 100°С в <i>сст</i> , в пределах	11—14	17—21
Кислотное число в мг КОН на 1 г масла, не более	0,15	0,1
Осадок после окисления в %, не более	0,3	0,02
Зольность в %, не более	0,015	0,01
Содержание механических примесей в %, не более	0,007	0,007
Температура вспышки (определяемая в открытом тигле) в °С, не ниже	216	242

Для турбокомпрессоров применяются масла вязкостью 7,8—8°Е₅₀ (для смазки шестерен редуктора) и вязкостью 2,9—3,3°Е₅₀ (для смазки шеек ротора).

Такой вязкостью обладают масла, соответствующие требованиям ГОСТа 32-53 (табл. 37).

Компрессорные масла получают путем смешения хорошо очищенных масел и дистиллятов малосмолистых нефтей. Эти масла должны обладать высокой стабильностью, незначительным содержанием золы; в них не должно быть механических примесей.

Основными качественными показателями смазочных масел являются: вязкость, температура вспышки и температура воспламенения, а также окисляемость. Для масел, применяющихся в фильтрах очистки воздуха, основным показателем является температура замерзания.

Вязкость масла характеризует его смазочную способность, от которой зависит сохранность трущихся частей, величина потерь на трение, а также производительность компрессора. Применение масла повышенной вязкости приводит к накоплению масла в цилиндре, окислению и образованию нагара на клапанах.

Температура вспышки масла, являющаяся наименьшей температурой, при которой оно начинает испаряться, определяет нижнюю границу взрыва. Взрыв происходит при температуре вспышки потому, что при этой температуре выделяется достаточное количество горючих паров, образующих с воздухом взрывчатую смесь, вспыхивающую

Характеристики масел для турбокомпрессоров (по ГОСТу 32-53)

Наименование показателей	Турбинное 22п (турбинное Л с присадкой ВТИ-1)	Турбинное 22 (турбинное Л)	Турбинное 30 (турбинное ЛУ)	Турбинное 46 (турбинное Т)	Турбинное 57 (турбодуковое)
Вязкость кинематическая при 50°С в <i>сст</i> , в пределах	20—23	20—23	28—32	44—48	55—49
Кислотное число в мг КОН на 1 г масла, не более	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05
Стабильность:					
а) осадок после окисления в %, не более	0,05	0,10	0,10	0,15	—
б) кислотное число после окисления в мг КОН на 1 г масла, не более	0,20	0,35	0,35	0,45	—
Зольность в %, не более	0,005	0,005	0,005	0,20	0,040
Температура вспышки, определяемая в открытом тигле в °С, не ниже	180	180	180	195	195
Температура застывания в °С, не выше	—15	—15	—10	—10	—

при приближении пламени. Однако для полной характеристики испаряемости масла необходимо знать также температуру его воспламенения, т. е. наиминимую температуру, при которой зажженные пары, выделяемые маслом, продолжают гореть. Температура воспламенения позволяет определить наличие в маслах летучих составных веществ и установить верхнюю границу взрыва.

Обычно температура воспламенения смазочных масел выше температуры вспышки на 20—60°.

Температура вспышки масла для смазки цилиндров компрессоров низкого давления не должна быть ниже 200°, а компрессоров высокого давления 245°. Как правило, масло для смазки цилиндров компрессора должно иметь температуру вспышки на 60° выше температуры сжатого воздуха, выходящего из последней ступени компрессора.

Кислотность и щелочность масла, применяемого для смазки компрессора, не должны быть выше допускаемых пределов, указанных техническими условиями стандарта в паспорте масла.

Наличие кислот и щелочей в маслах выше определенных пределов недопустимо, так как кислоты придают маслу корродирующие свойства, а щелочи вызывают коррозию металлов. Кислоты разрушающе действуют на железо и его сплавы, а щелочи — на цветные металлы.

Окисляемость масла характеризует способность его вступать в реакцию с кислородом воздуха под влиянием высоких температур.

Содержание в масле воды и механических примесей недопустимо, так как вода ухудшает смазывающие свойства масел, вызывая окисление металлических поверхностей, а механические примеси способствуют износу трущихся деталей. Присутствие в масле воды и механических примесей способствует загрязнению маслопроводов циркуляционных систем, а также нагарообразованию.

Масло, применяющееся для смазки компрессора или другой машины, установленной на компрессорной станции, должно соответствовать марке, указанной в инструкции или другой технической документации завода — изготовителя машины. Масло должно иметь паспорт с результатами лабораторного анализа, сделанного на нефтебазе, откуда оно доставляется на склад компрессорной станции.

В вертикальных компрессорах применяются масла с небольшой вязкостью, а в горизонтальных (при равных конечных давлениях сжатия) — более вязкие масла.

Для смазки цилиндров одноступенчатых и двухступенчатых вертикальных и горизонтальных воздушных компрессоров низкого давления (до 50 *ати*) применяется компрессорное масло марки 12, а для смазки цилиндров многоступенчатых компрессоров высокого давления (не выше 220 *ати*) — компрессорное масло марки 19.

Для смазки многоступенчатых компрессоров с конечным давлением сжатия выше 220 *ати* применяется также отечественное масло марки «Брайтсток», имеющее температуру вспышки не ниже 250°.

Масло считается непригодным для дальнейшей работы, если: а) вязкость его на 25 % выше нормальной; б) кислотность (по КОН) 1,5 *мг*; в) зольность 0,06 %; г) механических примесей 0,02 %; д) в масле обнаружено присутствие водорастворимых кислот и щелочей.

При наличии в масле воды 2,5 % и выше применять его не разрешается. Такое масло необходимо подвергнуть длительному отстою, очистке и вторичному лабораторному анализу. Если в масле содержится песок и абразивная пыль, то его нужно заменить.

Масло, у которого температура вспышки по Бренкену снизилась до 150° С, должно быть слито и передано на регенерацию.

Компрессорное масло необходимо полностью сменить через 2500 час. работы, а масло, применяющееся для электродвигателей — через 4500 час.

При отсутствии требуемых марок масел временно можно использовать их заменители (табл. 38).

При подборе масел-заменителей основными критериями являются вязкость и температура вспышки масла.

Вязкость заменителя должна быть равна или несколько выше вязкости основного сорта масла, но не более чем на 2°E₅₀. Температура вспышки масла-заменителя должна быть в допустимых пределах.

Правильная система смазки, применение надлежащих сортов масел и смазок, а также правильная эксплуатация их обеспечивают надежную и бесперебойную работу компрессора и других механизмов, создают экономию электроэнергии за счет уменьшения энергии, затрачиваемой на трение. В компрессоре на работу трения тратится 6—8 % всей энергии, потребляемой компрессором.

Применение масла несоответствующего качества или неумелая смазка поршневых компрессоров вызывают усиленный износ трущихся частей, а также разложение смазки, при котором легкие составные части масла испаряются и удаляются из компрессора вместе с воздухом, а остаток под действием кислорода воздуха окисляется и образует

Рекомендуемые сорта масел и их заменители для компрессорной установки

Наименование части компрессора	Рекомендуемая основная марка масла	Заменитель
Цилиндры, поршни	Компрессорные масла летом—марки 12 зимой—марки 19	<ol style="list-style-type: none"> 1. СмесЬ авиационного масла МК и автола 18 2. Авиационные масла МК и МС 3. Цилиндровое масло 11 4. СмесЬ автола 18 с машинным Л
Кривошипно-шатунный механизм, подшипники	Машинное 2Д	<ol style="list-style-type: none"> 1. Машинное Т 2. Автол 6 3. Моторное М 4. СмесЬ автола 10 с индустриальным 12 (веретенным 2) или индустриальным 20 (веретенным 3)
Регулятор, отжимные приспособления клапанов	Индустриальное 12 (веретенное 2)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Веретенное АУ 2. Солярное 3. Индустриальное 20 (веретенное 3)

нагар. Нагар, отлагающийся на поршнях и на поршневых кольцах вызывает пригорание их, оседает на клапанах, в промежуточных и конечных охладителях, воздухоборниках, а также в трубопроводах и арматуре.

Нагар в трубопроводах промежуточного и конечного охладителей и в проходах клапанов уменьшает их сечение, что может привести к резкому увеличению скорости прохождения воздуха и повышению его температуры. Если из-за нагара произойдет заедание клапана и при этом возникнет вспышка масла, то резкое увеличение степени сжатия приведет к взрыву и аварии компрессора.

При высокой температуре сжатого воздуха смесь паров масла с воздухом может самопроизвольно вспыхнуть, если в 1 м³ воздуха содержится 24—42 г масла. Температура взрываемости смеси составляет около 350°, а в отдельных случаях может понижаться до 200°. По этой причине не рекомендуется производить обильную смазку цилиндров компрессора.

Для смазки механизма движения крейцкопфных компрессоров применяют машинные масла различной вязкости в зависимости от быстроходности компрессора, удельного давления в подшипниках и способа смазки. Необходимые сорта смазки указываются заводами-изготовителями в технической документации, прилагаемой к поставляемому компрессору.

Чаще всего для смазки механизма движения применяют масло индустриальное 45 (по ГОСТу 1707-51) или его заменители — индустриальное 50 (по ГОСТу 1707-51) и моторное М (по ГОСТу 1519-42).

Таблица 39

Характеристика масел для смазки механизма движения компрессора

Марка масла	Удельный вес, г/см ³	Вязкость по Энглеру при 50° С	Температура вспышки, °С
Вольта Л	0,89—0,91	3—3,5	175
Вольта Т	0,89—0,91	4—4,3	180
Машинное ЛД	0,89—0,92	4—4,5	165
Машинное 2Д	0,89—0,93	5,5—6,0	175
Машинное Т	0,895—0,918	7—8,2	200
Моторное Л	0,89—0,905	3—3,8	180
Моторное М	0,89—0,910	6—6,5	200
Моторное Т	0,89—0,915	8,2—8,7	210
Турбинное 22 (Л)	0,885—0,905	2,9—3,2	175
Турбинное М	0,89—0,910	4—4,5	180
Турбинное 46 (Т)	0,89—0,915	6—6,5	190

Характеристики рекомендуемых масел для смазки механизма движения компрессора приведены в табл. 39.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОСТИ КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ В СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛАХ

Смазочные материалы в компрессорной станции в основном расходуются компрессорами, насосами водоснабжения, двигателями, приводящими в действие компрессоры, и другими машинами и устройствами.

Масло расходуеться также на смазку висциновых металлических фильтров, на смазывание подсобного оборудования, на заливку емкостных систем (картеров машин и баков), для заливки трансформаторов и т. п.

Обычно нормы расхода смазочных материалов указываются в технической документации оборудования, поставляемого заводом-изготовителем. В отдельных случаях нормы расхода смазочных материалов могут устанавливаться администрацией предприятия исходя из имеющихся заводских инструкций и фактического состояния эксплуатируемого оборудования.

Расходы масла для смазки цилиндров воздушных компрессоров можно определять по табл. 40.

Для смазки новых компрессоров или цилиндров компрессоров, вышедших из капитального ремонта и проходящих обкатку, следует приведенные выше нормы расхода масел увеличивать на 50—75% до тех пор, пока трущиеся части компрессора не приработаются.

Расход масла на смазку трущихся частей механизма движения крейцкопфного компрессора можно определить, пользуясь табл. 41.

Расход масла для смазки цилиндров воздушных поршневых компрессоров

Диаметр цилиндра, мм	Производительность цилиндра, м ³ /мин	Расход масла, л/час
До 150	До 1,8	0,003
150—200	1,8—3,5	0,004
200—250	3,5—6,3	0,005
250—300	6,3—9,8	0,007
300—375	9,8—17	0,01
375—450	17—28	0,013
450—600	28—50	0,017
600—750	50—85	0,023
750—900	85—125	0,028
900—1050	125—180	0,035
1050—1200	180—250	0,043

Таблица 41

Норма расхода масла на смазку трущихся частей механизма движения компрессора

Емкость картера, кг	Расход за 8 час., г	Емкость картера, кг	Расход за 8 час., г	Емкость картера, кг	Расход за 8 час., г
5—10	14	60—70	8,3	300—400	3
10—15	12	70—80	8	400—500	2,5
15—20	10	80—90	7,5	500—600	2,3
20—30	10	90—100	7	600—700	2,2
30—40	9	100—150	6	700—800	2,1
40—50	9	150—200	5	800—900	2
50—60	8,5	200—300	3,5	900—1000	1,8

Расход машинного масла на смазку подшипников за 8 час. работы можно принимать:

Для шеек валов диаметром до 30 мм	12 г
» » » » 30—50 »	16 »
» » » » 50—80 »	24 »
» » » » свыше 80 »	32 »

На сжатие 1000 м³ свободного воздуха для поршневых компрессоров с конечным давлением 6—7 атм расход смазочного масла можно принимать: на смазку цилиндров — 40—50 г, а на смазку трущихся частей механизмов движения — 30 г.

Месячный расход машинного масла на смазку трущихся частей механизма движения компрессора определяют по формуле

$$G_m = q_m N_n \tau \text{ г,}$$

где q_m — удельный эксплуатационный расход масла, г/квт-ч;

N_n — мощность электропривода компрессора, квт;

τ — число часов работы компрессора в месяц.

Расход масла на 1 кВт мощности на валу компрессора при циркуляционных системах смазки с охлаждением масла составляет 0,075 л/мин, а без охлаждения — 0,15 л/мин.

Годовой расход масла на компрессор определяется по следующей формуле:

$$G_{год}^M = G_{час}^M \tau + q_{сл}^M x \text{ кг},$$

где $G_{час}^M$ — расход масла на компрессор, кг/час;

τ — время работы компрессора в году, час;

$q_{сл}^M$ — количество отработанного масла, слитого из масляной системы за год, кг;

x — доля потери масла, слитого из компрессора при его регенерации, кг.

Количество масла, отработанного и подлежащего удалению из картера компрессора за год, определяется по формуле

$$q_{сл}^M = q_{цир}^M \frac{\tau}{z} \text{ кг},$$

где $q_{цир}^M$ — весовое количество масла в системе циркуляционной смазки, равное произведению емкости системы на удельный вес масла, кг;

τ — годовое число часов работы компрессора;

z — число часов работы компрессора, после которого масло должно быть слито из системы, учтено и передано для восстановления (регенерации).

3 ХРАНЕНИЕ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

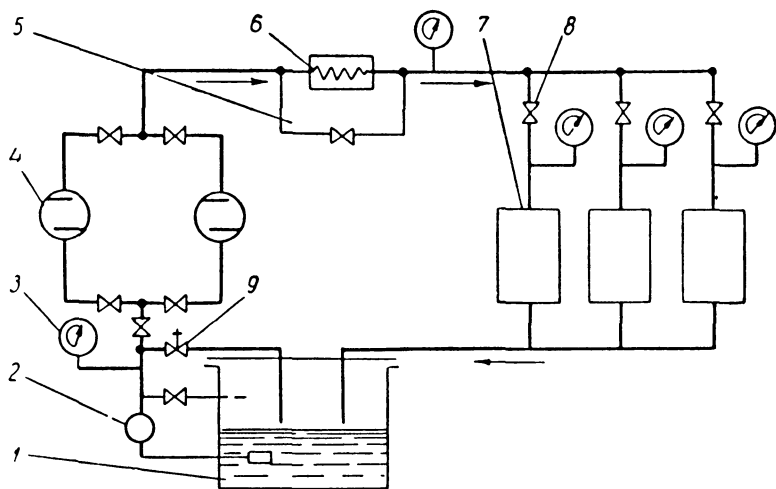
При компрессорной станции должен быть склад (кладовая) смазочных материалов. Прием, хранение и выдача минеральных масел на нужды потребителей компрессорной станции должны производиться по правилам эксплуатации складов горючих материалов. В маслохозяйстве компрессорной станции должны быть небольшие металлические резервуары с пароподогревателями, расходные баки, металлические бочки и бидоны в зависимости от принятого запаса хранения смазочных материалов. Для перекачек масел из одной емкости в другую, а также для выдачи масел в мелкую тару (бидоны, ведра) необходимо иметь ручные насосы и маслораздаточные колонки.

В случаях применения централизованной подачи масел к компрессорам (при больших расходах масла) и необходимости охлаждения масла во время его эксплуатации применяются замкнутые системы смазки с подачей масел к потребителям по трубопроводам с помощью электроприводных роторно-зубчатых, шестеренчатых или плунжерных насосов (фиг. 76).

На компрессорных станциях, где приводами компрессоров и на-

сосов водоснабжения являются двигатели внутреннего сгорания, применяются дизельные масла и топлива.

В этих случаях сооружаются склады жидких топлив и масел с соблюдением «Норм и технических условий проектирования складских предприятий и хозяйств для хранения легко воспламеняющихся и горючих жидкостей» [29]. На складе создается запас жидких топлив и масел не менее их месячного расхода, если на территории предприятия, где расположена компрессорная станция, нет другого склада нефтепродуктов.



Фиг. 76. Схема централизованной подачи масла группе движения компрессоров:

1 — бак для масла; 2 — насос; 3 — манометр; 4 — фильтр; 5 — обвод (байпас); 6 — охладитель масла; 7 — компрессор; 8 — вентиль.

В небольших маслоскладах целесообразно хранить масла в бочкоте или бидонах, если запас хранения не превышает 2—3 т. При больших количествах масел рекомендуется хранить их в резервуарах и баках в отдельно расположенных зданиях с соблюдением упомянутых выше норм.

При приеме, хранении и выдаче смазочные масла не должны засоряться. Масла различных марок и сортов не должны смешиваться. Хранение текущего запаса масел и наполнение смазочных масленок должны производиться в специальной кладовой, изолированной от рабочих помещений. Максимальное количество смазочного масла, находящегося в машинном зале, не должно превышать трехсуточного запаса.

Остальной запас масла должен храниться в специально оборудованном помещении при компрессорной станции или в специальных резервуарах. Устройство этих помещений должно отвечать требованиям норм [29, 36].

Для соблюдения условий нормальной смазки компрессоров и сохранения масел в хорошем состоянии, кроме сказанного выше, необходимо:

1) при эксплуатации и хранении масел следить за тем, чтобы не смешивались различные сорта масел, не использовалась одна и та же мерная и заправочная посуда (масленка, лейки, ведра) для различных масел;

2) поступающее масло подвергать лабораторному анализу;

3) смазочное оборудование и заправочный инвентарь содержать всегда в чистоте;

4) своевременно производить замену масла в картере компрессора и масляных ваннах подшипников с кольцевой смазкой, не допускать загрязнения и потери требуемых качеств масла;

5) соблюдать нормы смазки, установленные заводом-изготовителем или во время испытания компрессоров;

6) заливку масла в расходные баки и лубрикаторы производить только через фильтры;

7) баки для хранения различных масел окрашивать в различные цвета, нумеровать их с указанием емкости бака, сорта и назначения масла;

8) резервуары, баки и бочки плотно закрывать крышками;

9) вести отдельный учет расхода масла по сортам и по точкам расхода;

10) смазку цилиндров компрессоров производить только свежим маслом; фильтрованные отработавшие масла для этой цели не допускать.

В процессе эксплуатации компрессорных агрегатов масло загрязняется, окисляется и увлажняется. Загрязненное и проработавшее определенное время масло необходимо подвергать регенерации. Однако при содержании в нем механических примесей свыше 3% масло регенерации не подлежит. Сбор, хранение и регенерация отработанных масел должны производиться в соответствии с действующими стандартами.

В компрессорных станциях применяют следующие способы восстановления и очистки масел:

1) отстой масла в сосудах в течение 4—5 суток; воду и примеси удаляют из сосудов через нижние спускные краны;

2) фильтрование масла под давлением в фильтрпрессах; масло пропускается под давлением 6—7 *ати* через сетки с натянутым полотном;

3) центрифугирование масла, основанное на действии центробежной силы; грязь и вода отбрасываются к периферии сосуда при его вращении, а чистое масло остается в середине сосуда, откуда и отбирается.

Применение способов фильтрования или центрифугирования вполне достаточно для очистки отработавших масел от нерастворимых примесей и воды при суточном расходе масла свыше 300 л.

КОМПОНОВКИ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ

1. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К КОМПОНОВКАМ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ

Компоновкой компрессорной станции называется взаимное расположение ее сооружений на отведенной площадке, а также взаимное расположение производственных и бытовых помещений в главном здании компрессорной станции и расположение в них основного и вспомогательного оборудования компрессорных установок.

При выполнении компоновки компрессорной станции необходимо:

1. Соблюдать, при наименьшей стоимости строительства, надежность, безопасность и удобство обслуживания оборудования как в нормальных, так и в аварийных условиях при наименьшем количестве обслуживающего персонала и максимальном использовании средств автоматизации.

2. Создавать компактность расположения оборудования и помещений, ведущую к сокращению площадей и объемов помещений, а также длин коммуникаций (трубопроводов, электрокабелей и пр.).

3. Выделять взрывоопасное и пожароопасное оборудование и материалы в отдельные помещения, отвечающие специальным условиям и нормам.

4. Предусматривать защиту строительных конструкций здания от действия вибрационных колебаний при работе оборудования, создающего эти колебания.

5. Предусматривать возможность последующей замены малопроизводительного или морально устаревшего оборудования на новое без коренной реконструкции здания, а также предусматривать возможность расширения и увеличения мощности компрессорной станции без нарушения эксплуатации оборудования во время выполнения работ по реконструкции.

6. Соблюдать требования правил техники безопасности и охраны труда, санитарных и строительных норм, технических условий и правил проектирования промышленных предприятий, а также противопожарных правил.

Компоновка компрессорной станции должна выполняться главным образом с учетом возможных минимальных первоначальных затрат и минимальных ежегодных издержек на эксплуатацию компрессорных установок. Компоновка сооружений и помещений станций в строительном отношении должна удовлетворять условиям, изложенным в гл. IX.

2. СОСТАВ СООРУЖЕНИЙ И ВЫБОР ВАРИАНТА КОМПОНОВКИ КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ

К сооружениям компрессорной станции относятся: главное здание, воздухосборники или другие группы воздухохранительных

емкостей, водоснабжающие и водоохлаждающие устройства (насосная станция, напорная башня, градирня, бассейн и т. п.), отдельно стоящие или пристраиваемые воздухозаборные устройства (воздухоприемники, воздухозаборные шахты, фильтркамеры) различные колодцы, лестницы и площадки обслуживания оборудования и арматуры, а также трансформаторные подстанции.

В каждом отдельном случае состав основных частей главного здания и вспомогательных сооружений компрессорной станции различен и зависит от установленной производительности компрессорной станции, места расположения ее на площадке предприятия, принятых схем водоснабжения, электроснабжения, теплоснабжения, а также от того, будет ли машинный зал компрессорной станции построен в виде отдельно стоящего здания в комплексе других сооружений или он будет примыкать к другому производственному корпусу.

Состав сооружений компрессорной станции оказывает прямое влияние на ее компоновку.

Методически процесс выполнения компоновки можно условно расчленить на следующие части:

- 1) определение состава сооружений компрессорной станции;
- 2) определение необходимых теоретических размеров площадей и объемов помещений для размещения в них оборудования соответственно технологической схеме получения сжатого воздуха;
- 3) выбор варианта компоновки отдельных сооружений и основных частей главного здания компрессорной станции;
- 4) компоновка производственного оборудования и обслуживающих его устройств;
- 5) компоновка служебных и бытовых помещений станции и устройств с целью создания нормальных санитарно-гигиенических и других условий для работающих.

Практически все части компоновки компрессорной станции решаются одновременно коллективом соответствующих специалистов: технологов, строителей, электриков, сантехников и др.

За основу компоновки компрессорной станции берут технологическую схему получения сжатого воздуха, типы, габариты и особенности конструкций принятых компрессоров, их приводов и вспомогательного оборудования, типы грузоподъемных устройств и принятые размеры машинного зала. В больших компрессорных станциях на ее компоновку оказывают влияние принятая схема вентиляции машинного зала и необходимость устройства отдельных вентиляционных помещений (венткамер).

Компоновка компрессорной станции должна производиться в увязке взаимного расположения сооружений и оборудования со строительными конструкциями и внутристанционными коммуникациями.

Некоторые вопросы компоновки, а именно — окончательную планировку и выбор архитектурно-конструктивного решения сооружений компрессорной станции, необходимо рассматривать одновременно с вопросами выбора и компоновки оборудования собственно компрессорной станции.

Номенклатура производственных и вспомогательных помещений с окончательными размерами площадей и высот помещений определяется после распределения оборудования по своему назначению и характеру эксплуатации по помещениям главного здания. При этом учитывается предварительная планировка основных сооружений компрессорной станции, а также главные решения строительной части здания. Затем производится уточнение предварительно произведенной компоновки оборудования с привязками фундаментов оборудования к разбивочным осям здания или строительным конструкциям (стелам, колоннам и т. п.).

Обычно компрессорные станции сооружаются отдельно стоящими, так как при этом удовлетворяется большинство требований, предъявляемых к строительству и эксплуатации компрессорных станций. В отдельных случаях допускается блокирование компрессорной станции с другими производственными помещениями в одном корпусе при условии выполнения упомянутых выше требований, предъявляемых к компоновкам и эксплуатации основного и вспомогательного оборудования, а также требований санитарных норм и правил безопасности. Блокирование компрессорной станции с другими производственными помещениями возможно, если шум и вибрация, создающиеся компрессорными установками, не будут помехой производственным процессам, имеющим место в помещениях, к которым пристраивается машинный зал компрессорной станции, и по условиям взрывоопасности такое блокирование допускается.

Пристраиваемая компрессорная станция должна обязательно иметь не менее двух свободных стен, одна из которых — торец расширения, а другая — светлая сторона с оконными проемами требуемой площади.

Выбор наиболее выгодного варианта компоновки компрессорной станции производится при одновременном учете всех или большинства главных условий, для которых создается компрессорная станция, и удовлетворении требований, которые предъявляются нормами проектирования и правилами эксплуатации.

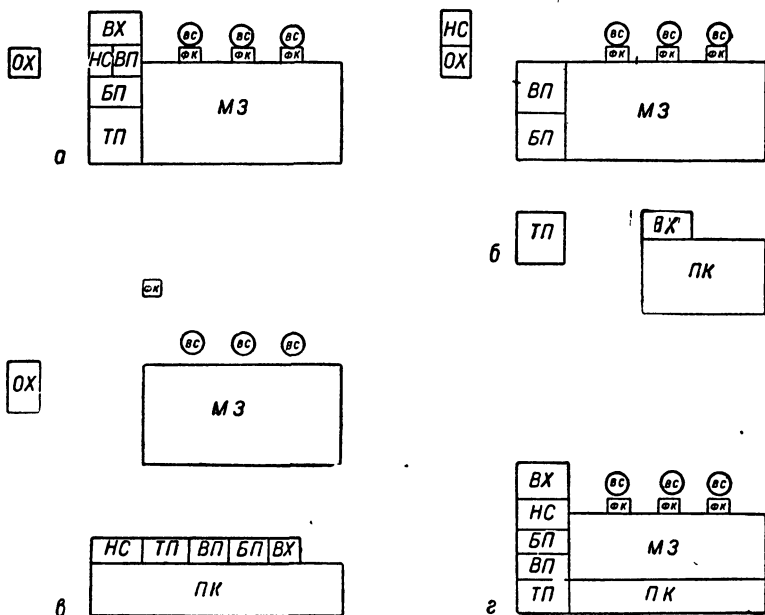
Выбрать вариант вновь проектируемой компрессорной станции в основном бывает легче, чем разработать проект реконструкции действующей компрессорной станции. В последнем случае варианты обуславливаются существующим месторасположением компрессорной станции, имеющимися сооружениями и эксплуатируемым оборудованием. При компоновке реконструируемой компрессорной станции не всегда удастся соблюсти все требования, предъявляемые к компоновкам. При разработке проекта новой компрессорной станции есть возможность принять типовой проект или выбрать наилучший вариант компоновки.

На фиг. 77 приведены наиболее часто встречающиеся варианты компоновок основных сооружений компрессорной станции.

Наиболее желательной считается сомкнутая компоновка (фиг. 77, а). Все основные части главного здания непосредственно примыкают друг к другу, что способствует сокращению стоимости строительства и созданию хороших условий эксплуатации.

Вариант полусомкнутой компоновки (фиг. 77, б) чаще всего является вынужденным: например, когда машинный зал компрессорной станции почему-либо нельзя пристроить к существующей трансформаторной подстанции или к насосной станции оборотного водоснабжения.

Этот вариант с отдельно стоящими воздухохранительными емкостями создают иногда специально, например когда требуется,



Фиг. 77. Варианты компоновок основных сооружений компрессорной станции:

а — сомкнутая компоновка; **б** — полусомкнутая компоновка; **в** — разомкнутая компоновка; **г** — заблокированная компоновка
МЗ — машинный зал; **ФК** — фильтркамера; **ВС** — воздухохорбник; **ВХ** — воздухохранительные емкости; **НС** — насосная станция; **ОХ** — охлаждающее устройство; **ВП** — вспомогательные помещения; **БП** — бытовые помещения; **ТП** — трансформаторная подстанция; **ПК** — производственный корпус.

чтобы воздухохранительные емкости находились ближе к основному потребителю сжатого воздуха (у воздушных молотов, испытательных стенов и т. п.).

Вариант разомкнутой компоновки (фиг. 77, в) является также чаще всего вынужденным и применяется в тех случаях, когда вблизи имеющегося производственного корпуса требуется и можно построить машинный зал компрессорной станции с воздухохорбниками и фильтркамерой только в отдельном здании. Устройство дальнего забора атмосферного воздуха (фильтркамеры), как указывалось в гл. II, осуществляется, когда вблизи компрессорной станции производственный корпус выделяет газы, попадание которых в компрессор может вызвать взрыв.

Вариант заблокированной компоновки (фиг. 77, з) приемлем только в отдельных случаях, так как имеет много отрицательных факторов. Например, в машинном зале компрессорной станции и в производственном корпусе, к которому пристраивается машинный зал, уменьшается естественная освещенность, ухудшается взаимное расположение оборудования.

Иногда при таком варианте очень усложняются коммуникации, часто приходится отказываться от агрегатной схемы производства сжатого воздуха, от установки более экономичного оборудования и т. п.

Выбрав вариант компоновки сооружений компрессорной станции, производят предварительную компоновку машинного зала и других помещений главного здания компрессорной станции; при этом определяют размеры машинного зала, размеры и форму главного здания компрессорной станции.

Ряд ведущих советских проектных институтов (Гипротракторосельхозмаш, Гипроавиапром, Гипрометз, ГСПИ и др.) создает удачные компоновки воздушных компрессорных станций. Однако до настоящего времени еще нет в достаточном количестве типовых проектов компрессорных станций с различным по производительности оборудованием и наиболее экономичными компоновками зданий, помещений и оборудования. В табл. 42 помещены сведения о некоторых

Таблица 42

Типовые проекты компрессорных станций

Наименование и производственная характеристика	№ типового проекта по перечню Центрального института типовых проектов	Строительная характеристика	Исполнитель проекта
Компрессорная станция производительностью 1000 м ³ /мин с четырьмя турбокомпрессорами марки К-250-61-1	4-07-100	Площадь застройки 1052 м ² . Объем 9425 м ³ . Стены кирпичные. Колонны и покрытие из сборного железобетона	Гипрометз
Компрессорная станция производительностью 300 м ³ /мин с тремя поршневыми компрессорами марки 55В	4-07-178	Площадь застройки 694 м ² . Объем 5668 м ³ . Стены кирпичные. Колонны и покрытие из сборного железобетона	Гипротракторосельхозмаш
Компрессорная станция производительностью 200 м ³ /мин с четырьмя поршневыми компрессорами марки ВП-50/8	4-07-462	Площадь застройки 568 м ² . Объем 4196 м ³ . Стены кирпичные. Колонны и покрытие из сборного железобетона	Гипротракторосельхозмаш
Компрессорная станция производительностью 80 м ³ /мин с четырьмя поршневыми компрессорами марки 160В-20/8	4-07-179	Площадь застройки 405 м ² . Объем 2540 м ³ . Стены кирпичные. Перекрытие из сборного железобетона	Гипротракторосельхозмаш

Наименование и производственная характеристика	№ типового проекта по перечню Центрального института типовых проектов	Строительная характеристика	Исполнитель проекта
Компрессорная станция производительностью 20 м ³ /мин с двумя поршневыми компрессорами марки 200В-10/8	4-07-180	Площадь застройки 80 м ² . Объем 368 м ³ . Стены кирпичные или из кирпичных блоков. Перекрытие из сборного железобетона	Гипропром-трансстрой
Автоматизированная компрессорная станция производительностью 20 м ³ /мин с двумя поршневыми компрессорами марки 200В 10/8 и трансформаторной подстанцией	5-01-265	Площадь застройки 90 м ² . Объем 418 м ³ . Стены кирпичные. Перекрытие из сборного железобетона	Гипропром-трансстрой
Автоматизированная компрессорная станция производительностью 12 м ³ /мин с двумя компрессорами по 6 м ³ /мин	5-01-263	Площадь застройки 66 м ² . Объем 277 м ³ . Стены кирпичные. Перекрытие из сборного железобетона	Гипропром-трансстрой

типовых проектах компрессорных станций, разработанных проектными институтами СССР.

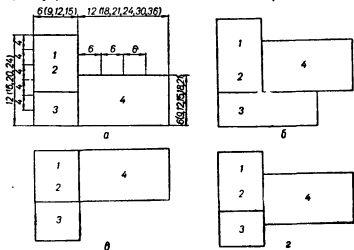
В упомянутых типовых проектах имеются еще некоторые устраняемые недостатки, но в основном они выполнены хорошо и должны быть использованы для повторного применения. В типовом проекте № 4-07-178 приняты компрессоры марки 55-В. Ввиду того, что Пензенский компрессорный завод взамен компрессора 55-В производительностью 100 м³/мин выпускает поршневой компрессор 55-ВМ и новый тип ВП-100/8, при применении упомянутого типового проекта следует вводить соответствующие коррективы.

К сожалению, типовые проекты № 4-07-178 и 4-07-179 выпущены в одном варианте с электрической подстанцией и насосной станцией обратного водоснабжения, размещенными в главном здании компрессорной станции. Это немного ограничивает применение упомянутых типовых проектов, так как не учтены другие возможные варианты компоновок. Вспомогательное оборудование в упомянутых проектах принято в основном нестандартного изготовления, что также усложняет применение проектов.

Учитывая то, что на машиностроительных предприятиях в основном применяются поршневые компрессоры, рассмотрим подробнее несколько форм зданий и компоновок отдельных компрессорных станций с поршневыми компрессорами. Наиболее часто встречаются формы зданий, изображенные на фиг. 78. Иногда применяют компоновку, подобно приведенной на фиг. 79. В этом случае между машинным залом и помещением распределительных устройств нет стены.

Рассмотренные схемы компоновок позволяют:

- 1) при необходимости расширить машинный зал на требуемое количество пролетов за счет свободного торца расширения;
- 2) расширить или уменьшить помещения электрических распределительных устройств;
- 3) размещать электрические распределительные устройства и помещения трансформаторов с любой из длинных сторон машинного зала;



Фиг. 78. Формы главного здания компрессорной станции (в плане)

1 — бытовые помещения; 2 — вспомогательные помещения; 3 — трансформаторная подстанция; 4 — машинный зал.

4) вспомогательные, служебные и бытовые помещения сделать светлыми, с естественным освещением и, при необходимости, с самостоятельными выходами наружу;

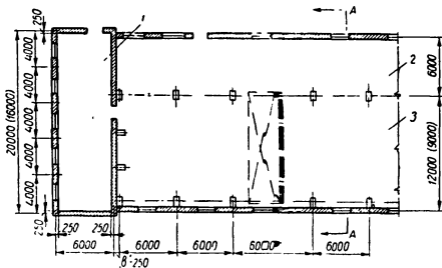
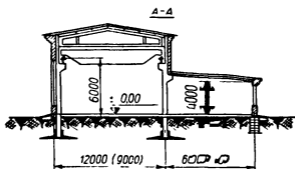
5) вспомогательные, служебные и бытовые помещения расположить в один или в два этажа или в подвальном этаже (например, при размещении насосов обратного водоснабжения в главном здании компрессорной станции);

6) применять изделия из сборного железобетона;

7) пристроить компрессорную станцию к другому производственному корпусу;

8) рационально и однотипно размещать в машинном зале компрессоры, вспомогательное оборудование, технологические и электрические шкафы.

В табл. 43 приведены ориентировочные размеры, площади и объемы машинных залов компрессорных станций для разных марок и количества поршневых компрессоров по ранее выполненным проектам. В настоящее время разрабатываются проекты компрессорных станций, занимающих меньшие площади и объемы.



Фиг. 79. Компонка компрессорной станции совместно с помещением распределительных устройств.

Ориентировочные размеры, площади и объемы машинных залов компрессорных станций с поршневыми компрессорами

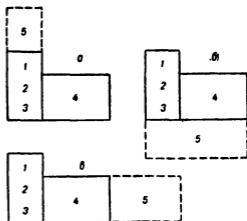
Марка компрессора	Количество компрессоров	Установочная производительность компрессорной станции, м ³ /мин	Размер в осях здания, м	Площадь, м ²	Высота (в числителе до подкрановых путей, а в знаменателе — до нижней части кровли), м	Объем по внутреннему обмеру, м ³
200В-10/8	2	20	6,5×12	78	5/5,5	430
200В-10/8	3	30	6,5×18	115	5/5,5	646
160В-20/8	4	80	21×9	189	5/5,5	1040
В300-2К	3	120	24×12	288	6/8	2304
В300-2К	4	160	30×12	360	6/8	2880
В300-2 К	5	200	36×12	432	6/8	3456
ВП-50/8	4	200	30×12	360	5,5/7,5	2700
55ВМ	3	300	30×15	450	6/8	3600
55ВМ	4	400	36×15	540	6/8	4320
55ВМ	5	500	42×15	630	6/8	5040
ВП-100/8	3	300	30×15	450	6/8	3600

В отдельных случаях, в зависимости от конструкций вспомогательного оборудования и грузоподъемных устройств, размеры машинных залов могут изменяться.

Возможны варианты блокирования компрессорных станций с другими производственными помещениями (фиг. 80), однако большинство из них имеет ряд недостатков.

Пристройка 5 (фиг. 80, а) затемняет торец помещения 1, а пристройка 5 (фиг. 80, б) затемняет машинный зал 4 и помещения 1 и 3. Пристройки усложняют выполнение покрытий зданий, иногда ухудшают компоновку оборудования в машинном зале компрессорной станции, а также создают такие же неудобства в помещениях, к которым пристраивается компрессорная станция.

Пристройка (фиг. 80, в) является нежелательной, так как закрывается торец расширения машинного зала. Такое решение допустимо только в крайнем случае или при условии, что компрессорная станция



Фиг. 80. Способы пристройки компрессорной станции к другим производственным помещениям:

1 — бытовые помещения; 2 — вспомогательные помещения; 3 — трансформаторная подстанция; 4 — машинный зал; 5 — производственное помещение.

будет находиться в эксплуатации временно. В этом случае нужно заранее предусмотреть резерв площади машинного зала или так разместить оборудование, чтобы в дальнейшем можно было легко произвести замену его на другое, большей производительности. Это следует учитывать также в случае закрытия торцов расширения помещений электротехнических устройств, насосных станций водоснабжения и помещений воздухохранительных емкостей.

В каждом отдельном случае нужно выбирать форму здания, дающую явные преимущества в требуемых условиях.

О преимуществах и недостатках той или иной формы компоновки здания и помещений компрессорной станции можно говорить, сравнивая (при одинаковых условиях расположения компрессорной станции на генеральном плане предприятия) одинаковые по производительности и составу оборудования компрессорные станции, а также после анализа технико-экономических показателей.

3. МАШИННЫЙ ЗАЛ

Машинный зал является важнейшей частью здания компрессорной станции и занимает наибольшую его площадь. К машинному залу обычно примыкают: фильтркамеры, помещение промывки фильтров и зарядки их маслом, ремонтная мастерская, кладовая масел, кладовая вспомогательных материалов, помещение электрораспределительных устройств, трансформаторная подстанция, помещения воздухохранительных емкостей, насосной станции водоснабжения и бытовые помещения.

В машинном зале устанавливаются компрессоры с их приводами, конечные охладители сжатого воздуха, небольшие по емкости масловодоотделители, фильтры, а также другое вспомогательное оборудование, размещение которого в машинном зале допускается правилами техники безопасности и противопожарными нормами.

Как правило, машинный зал компрессорной станции должен располагаться в одноэтажном огнестойком помещении, изолированном от других производственных помещений огнестойкими прочными стенами, могущими защитить другие помещения в случаях взрыва или пожара.

Компрессор производительностью до $10 \text{ м}^3/\text{мин}$ включительно с особого разрешения технической инспекции может быть установлен в нижнем этаже производственного помещения при наличии необходимой площади, легко открываемых наружу оконных и дверных проемов и достаточной прочности перекрытия, расположенного над компрессором. Перекрытия должны обеспечивать невозможность их разрушения в случае аварии в компрессорном помещении. Помещение для машинного зала должно быть просторным, теплым, светлым, сухим, чистым и хорошо вентилируемым. Площадь машинного зала должна позволять производство монтажных, профилактических и ремонтных работ оборудования без нарушения нормальной работы компрессорной станции.

Оборудование машинного зала должно размещаться так, чтобы обеспечивалась хорошая естественная освещенность рабочих мест, а также имелись нормальные условия для монтажа, обслуживания и ремонта оборудования.

При расстановке оборудования в машинном зале следует руководствоваться следующими положениями.

1. Расстояния между крайними выступающими движущимися частями машин, а также ширина свободного прохода между машинами должны быть не менее 1,5 м; расстояния между ограждениями машин и стенами помещения должны быть не менее 1 м; между отдельными выступающими и требующими обслуживания частями оборудования и строительными конструкциями расстояния должны быть не менее 0,8 м.

2. Расстояния между сосудами допускаются не менее 0,75 м, а между сосудами и стеной (колонной) не менее 0,5 м.

3. Расстояния между стенами здания и выдвинутыми в крайнее положение поршнями со штоками при их выемке из цилиндров горизонтальных компрессоров должны быть не менее 0,5 м, то же и для вытянутого ротора электродвигателя.

4. Ширина основного прохода вдоль фронта машин для возможности обслуживания их подъемным краном должна быть не менее 1,5 м; при расположении компрессоров в два ряда расстояние между рядами должно быть не менее 2 м.

5. Расстояние между фундаментами компрессорных и насосных агрегатов должно определяться с учетом размещения трубопроводов и должно обеспечивать необходимые проходы между агрегатами шириной от 1 до 2 м.

Расстояния для электродвигателей мощностью более 50 квт должны быть следующие: между машиной и стеной — 0,7 м; между соседними машинами — 1 м; между машинами и щитами управления — 2 м.

При мощности электродвигателя менее 50 квт расстояние между машиной и стеной может быть 0,5 м.

Если подшипники машины расположены отдельно, а статор машины неразборный, то расстояние между машинами, или между машиной и щитом или частью здания должно позволять производить выемку ротора без снятия статора с фундамента.

Если вал электродвигателя соединяется с компрессором через ременную клиновидную или другого вида передачу, то фундаментная плита двигателя должна иметь цоколь с отметкой верха его над отметкой чистого пола не менее чем на 200 мм для машин до 500 квт и 50 мм — для более мощных машин.

6. Машины и оборудование, обслуживаемые грузоподъемным устройством, должны находиться в зоне приближения крюка крана. В этой же зоне должны быть предусмотрены площадки или проходы для установки деталей при разборке этих машин и оборудования.

Предварительные размеры машинного зала компрессорной станции определяются в зависимости от установленного оборудования и должны приниматься с учетом выпускаемых промышленностью типовых сбор-

ных железобетонных плит и других индустриальных изделий, применяемых при строительстве зданий.

Высота машинного зала компрессорной станции (до затяжки ферм) должна обеспечивать удобство монтажа и ремонта компрессоров и должна быть не менее 4 м.

Высота машинного зала зависит от: крайнего положения вытянутого поршня со штоком вертикально расположенного цилиндра компрессора, высоты вертикальных промежуточных и конечных охладителей, если они приняты к установке, типа грузоподъемного крана и высоты от пола до верхнего крайнего положения его крюка.

Машинный зал должен иметь не менее двух выходов. Желательно, чтобы они были расположены в разных концах зала. Один из выходов, обычно шириной 1,5—3 м, принимается в зависимости от ширины монтируемого оборудования и является монтажным и аварийным выходом. Дверь (или ворота) монтажного выхода должны открываться наружу, непосредственно (или через тамбур) на заводскую территорию. При невозможности устройства тамбура и наличия широкого монтажного проема последний может быть замурован, но в нем должна быть оставлена дверь для аварийного выхода. В небольших машинных залах монтажным проемом может быть оконный проем.

К монтажным дверям должен быть предусмотрен подъезд машины. Другой выход из машинного зала — служебный — должен позволять обслуживающему персоналу станции, не выходя на открытый воздух и не проходя через другие вспомогательные помещения, попадать через недлинный коридор в контору, гардероб, санузел, помещения хранения масел и другие бытовые и вспомогательно-производственные помещения.

Машинный зал может непосредственно сообщаться с насосной станцией водоснабжения, электрораспределительным устройством, ремонтной мастерской и не должен сообщаться с кладовой масел, помещениями промывки фильтров и санузлом.

Электрические щиты, магнитные станции, пусковые реостаты и жидкостные регуляторы скольжения должны располагаться непосредственно около электродвигателя. Жидкостные регуляторы необходимо устанавливать на возвышении 50—100 мм над уровнем пола.

Проход за электрощитом должен быть не менее 0,8 м и закрываться сетчатой дверью. Высота прохода должна быть не менее 1,9 м.

Зарядные агрегаты и возбуждающие мотор-генераторы устанавливаются также в машинном зале.

В машинных залах компрессорных станций допускается установка распределительных и пусковых устройств высокого напряжения при условии соблюдения правил техники безопасности.

В машинном зале небольшой компрессорной станции должны быть отведены места для хранения инструмента, места для металлических ящиков с чистыми и использованными обтирочными материалами, а также для установки стеллажа или шкафа со вспомогательными материалами.

В отдельных случаях вспомогательное оборудование, не требу

ющее обслуживания со всех сторон, можно устанавливать вплотную к стенам здания.

При установке горизонтального трубчатого охладителя воздуха необходимо предусматривать свободное место с торца охладителя для того, чтобы можно было, не снимая с фундамента корпус охладителя, вынуть пучок водяных трубок при ремонтных и монтажных работах.

Если в машинном зале компрессорной станции установка подъемного крана не предусматривается, то при расстановке оборудования в компрессорной станции нужно учитывать возможность применения временных подъемных приспособлений, для которых должна быть предусмотрена свободная площадь с проходами.

Трубопроводы в машинном зале желательно укладывать в каналах или крепить к стенам и колоннам здания. Желательно, чтобы каналы с водо- и воздухопроводами не пересекались с каналами электрокабелей.

При необходимости устройства подвала или больших каналов для расположения в них охладителей и трубопроводов необходимо, чтобы высота подвала или проходного канала была не менее 1,8 м. Ширина проходов в подвале и проходном канале должна быть не менее 0,8 м.

Трубы, прокладываемые в борозде пола машинного зала, не должны выступать над полом больше чем на 200 мм; трубы, проложенные над полом машинного зала, должны находиться на расстоянии не менее 1,8 м от пола до трубы.

В машинном зале воздушной компрессорной станции допускается установка верстаков и небольших металлорежущих станков.

В машинных залах компрессорных станций нежелательно размещение машин и двигателей, не относящихся к воздушным компрессорным установкам. Однако в компрессорных станциях, где приводом компрессора является двигатель внутреннего сгорания, а также там, где дизели являются источником электроэнергии, допускается совместная установка двигателей внутреннего сгорания с воздушными компрессорами. Допускается размещение компрессорных установок в помещениях силовых станций.

Воздушные компрессоры разрешается устанавливать в одном помещении с насосами, перекачивающими горючие жидкости с температурой вспышки паров выше 45°, однако этого следует избегать. При перекачке легковоспламеняющихся жидкостей с температурой вспышки паров ниже 45° помещения воздушных компрессоров должны быть отделены от помещения насосов глухой несгораемой стеной. Для всех перечисленных выше случаев забор воздуха компрессорами обязательно должен быть извне помещения.

Воздушные компрессорные установки нельзя размещать в общем производственном помещении, где производятся окрасочные или другие работы, при которых выделяются газы, образующие с воздухом взрывоопасную смесь (ацетилен, генераторный, природный и другие газы).

В машинном зале компрессорной станции разрешается устанавливать кислородные компрессоры и насосы водоснабжения.

Компрессорные агрегаты могут устанавливаться в машинном зале в один или два ряда. В последнем случае возможны затемнения фронтов обслуживания, поэтому преимущественно компрессорные агрегаты устанавливаются в один ряд так, чтобы продольные оси их были перпендикулярны к продольной оси машинного зала.

При компоновке машинного зала следует стремиться к тому, чтобы со стороны наблюдения и управления компрессорами между ними и стеной был проход не менее 2 м.

Электродвигатели компрессорных агрегатов желательно располагать ближе к глухой стене, а компрессоры — устанавливать в сторону фронта обслуживания. Это позволяет лучше обслуживать компрессоры, устраивать электрические каналы так, что они не будут пересекаться с технологическими каналами воздуха и воды.

На фиг. 81 и 82 показаны план и разрез машинного зала небольшой компрессорной станции с двумя компрессорами марки 200В-10/8 производительностью по 10 $\text{м}^3/\text{мин}$. Конечное давление сжатого воздуха — 8 *ати*. Машинный зал может быть пристроен к производственному корпусу длинной стороной. В торце машинного зала могут быть бытовые и вспомогательные помещения. Основное и вспомогательное оборудование принято в соответствии с технологической схемой (см. фиг. 49).

Площадь машинного зала для выбранного оборудования принята минимальной. Компрессоры с электродвигателями размещены так, что продольные оси компрессорных агрегатов перпендикулярны к продольной оси машинного зала. Это создает удобства обслуживания компрессоров при эксплуатации (приборы, установленные на компрессорах, обращены в сторону главного прохода фронта обслуживания). Каналы с трубопроводами при этом имеют наименьшую протяженность и не пересекаются с электрическими кабелями.

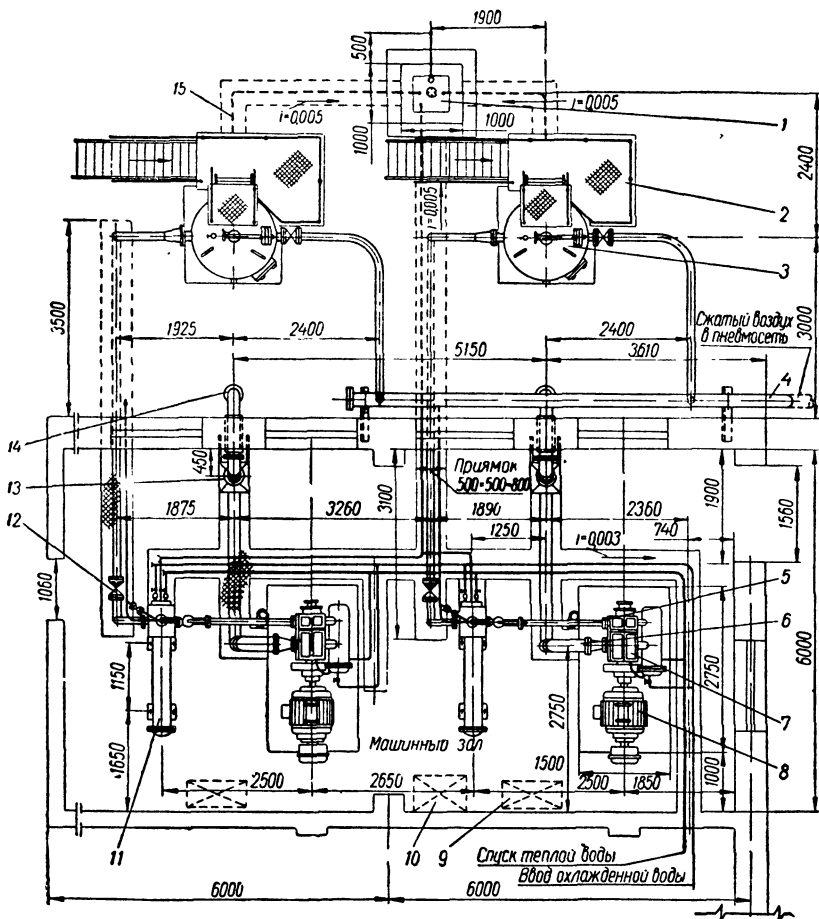
Фильтры и воздухоборники размещены в простенках и не затемняют помещение. Для облегчения грузоподъемных работ в машинном зале имеются монорельсы для ручной тали грузоподъемностью 1 *т*.

Трубчатые секции конечных охладителей легко могут быть вынуты вперед из корпусов охладителей при ремонтных работах.

Подобное размещение компрессоров 200В-10/8 позволяет произвести расширение машинного зала за счет осуществления пристройки к свободному торцу. Проектным институтом «Гипротракторосельхозмаш» разработаны типовые проекты компрессорных станций установленной производительностью 80, 200 и 300 $\text{м}^3/\text{мин}$ (см. табл. 42).

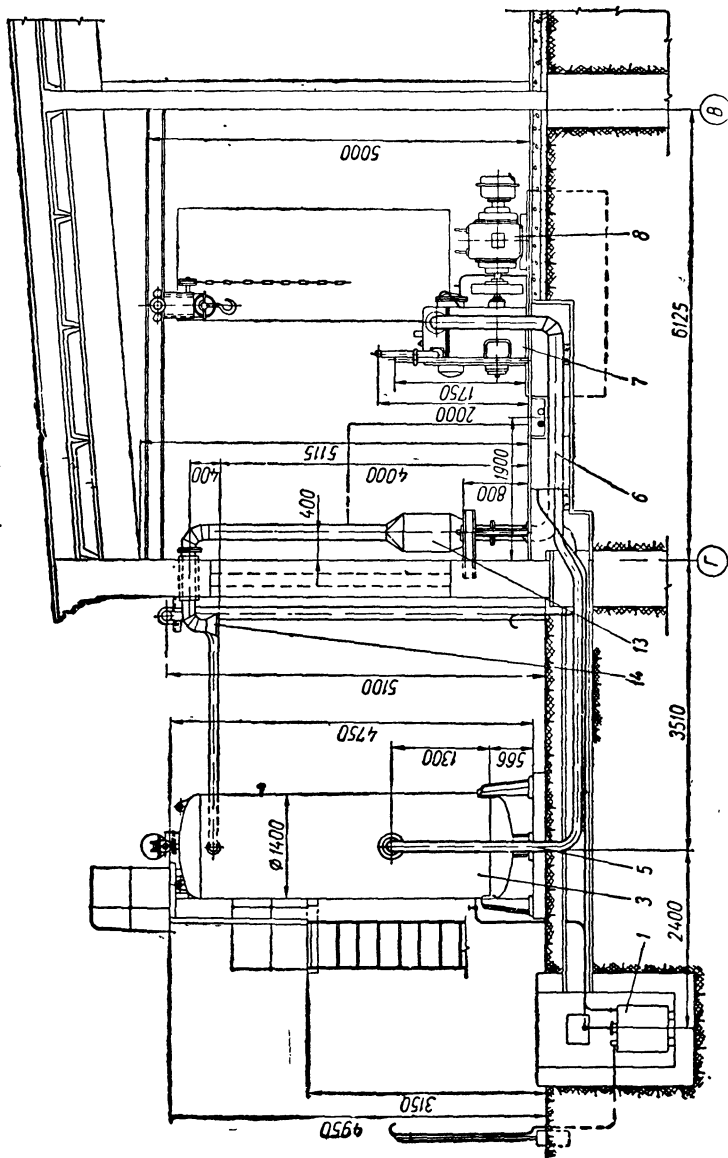
Компоновка машинного зала типового проекта, в котором установлены четыре компрессора марки 160В-20/8, приведена на фиг. 83.

Фильтры для воздуха (конструкции Гипротракторосельхозмаша) приняты масляные, металлические из двух кассет каждый. Компрессоры установлены в один ряд со сдвигом влево, в результате чего у свободного торца машинного зала освобождено место для размещения верстака, а также для монтажа и ремонта оборудования.



Фиг. 81. Размещение оборудования в компрессорной станции с двумя компрессорами 200В-10/8 (план):

- 1 — бак для сбора масла и воды при продувках воздухоотделителей и масловодоотделителей; 2 — площадка для обслуживания арматуры; 3 — воздухоотделитель; 4 — коллектор магистральной пневмосети; 5 — нагнетательный воздухопровод, 6 — всасывающий воздухопровод; 7 — компрессор; 8 — электродвигатель; 9 — место установки электрошита; 10 — место установки шита общих измерений; 11 — конечный охладитель воздуха с масловодоотделителем; 12 — обратный клапан; 13 — фильтр для очистки всасываемого воздуха; 14 — воздухоприемник; 15 — трубопровод для спуска масла и воды из воздухоотделителя

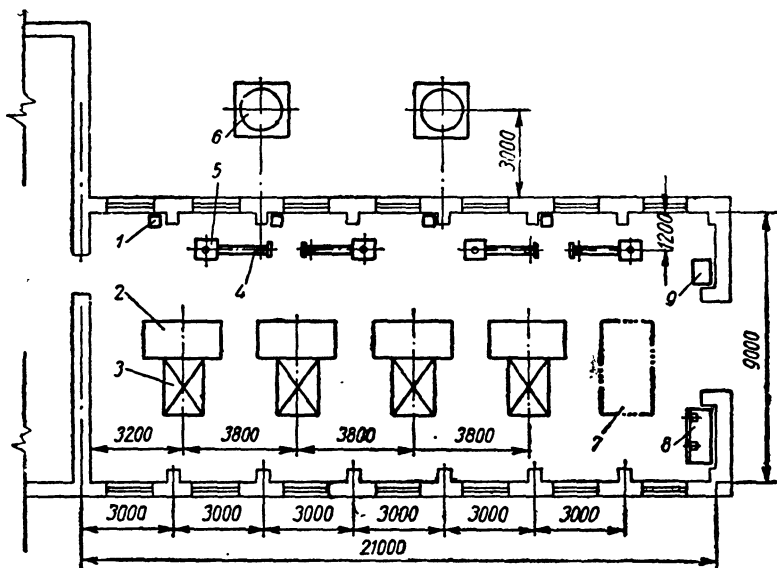


Фиг. 82. Размещение оборудования в компрессорной станции с двумя компрессорами 200В-10/8 (разрез).
Обозначения те же, что на фиг. 81.

Для грузоподъемных операций в машинном зале предусмотрена подвесная ручная кран-балка грузоподъемностью 2 т, изготавливаемая по чертежам Гипроавиапрома.

Конечные охладители сжатого воздуха поверхностью охлаждения 12 м² приняты горизонтальные, трубчатые, со встроенными в них масловодоотделителями.

Изготовление их предусматривается по чертежам Гипротракто-росельхозмаша.



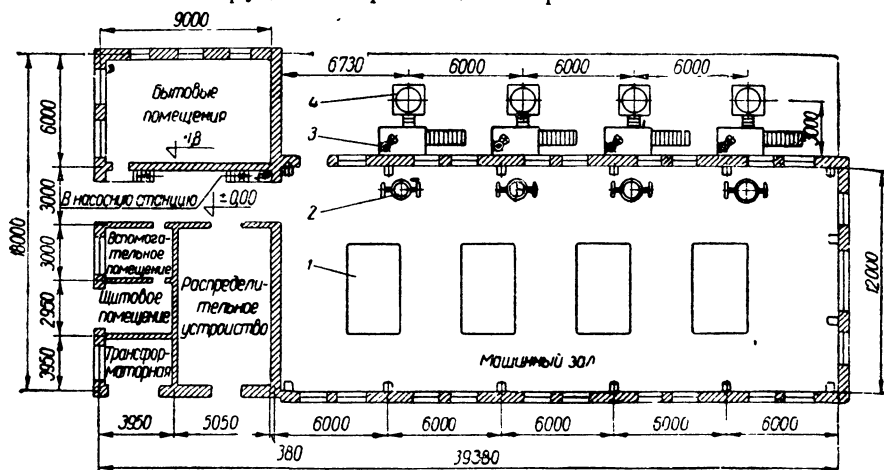
Фиг. 83. Компонка машинного зала типовой компрессорной станции установленной производительности 80 м³/мин с горизонтальными конечными охладителями:

1 — фильтр для очистки всасываемого воздуха; 2 — компрессор; 3 — электродвигатель; 4 — конечный охладитель воздуха; 5 — масловодоотделитель; 6 — воздухохранилище; 7 — площадка для ремонтных работ; 8 — верстак слесарный с двумя тисками; 9 — шкаф для инструментов.

В том случае, когда из-за стесненности территории или из-за отсутствия горизонтальных конечных охладителей невозможно выполнить компоновку компрессорной станции по типовому проекту (фиг. 83), рекомендуется принять вертикальные конечные охладители, чем достигается сокращение площади машинного зала на 27 м².

На фиг. 84 приведен план компрессорной станции типового проекта № 4 07-462. Установленная производительность компрессорной станции 200 м³/мин. В машинном зале установлены четыре угловых компрессора ВП-50/8. Воздух, выходящий из компрессоров, охлаждается в вертикальных конечных охладителях типа ХК-50 поверхностью охлаждения 16 м². Воздухохранилища приняты типа Р-6,5.

На фиг. 85 приведена компоновка типовой компрессорной станции, в машинном зале которой установлены три компрессора марки 55В производительностью по $100 \text{ м}^3/\text{мин}$, горизонтальные, трубчатые конечные охладители поверхностью охлаждения по 40 м^2 и вертикальные воздухоотборники емкостью по 20 м^3 , изготовленные заводом «Красный Октябрь» (г. Фастов). Все трубопроводы уложены в проходном канале. Оборудование размещено хорошо.



Фиг. 84. Компоновка машинного зала типовой компрессорной станции установленной производительности $250 \text{ м}^3/\text{мин}$ с вертикальными конечными охладителями:

1 — компрессор; 2 — конечный охладитель воздуха с масловодоотделителем; 3 — фильтр; 4 — воздухоотборник.

В выпущенных типовых проектах компрессорных станций в определенной мере учтены основные требования, предъявляемые к компоновкам энергетических объектов, однако, поскольку некоторые из этих требований противоречивы, а также и потому, что в отдельных случаях приходится принимать различные марки компрессоров, типовые проекты применить нельзя и при проектировании компрессорной станции необходимо выполнять индивидуальную компоновку, удовлетворяя те требования, которые в данных условиях являются наиболее важными.

Компоновка, приведенная на фиг. 84, полностью агрегатная: с индивидуальными конечными охладителями и воздухоотборниками.

Агрегатная компоновка компрессорных установок имеет следующие преимущества:

- 1) независимость работы каждой компрессорной установки;
- 2) возможность применения автоматического регулирования работы компрессорной станции;
- 3) однотипность размещения оборудования трубопроводов, арматуры и приборов в машинном зале, позволяющая применять индустриальные методы монтажа;

4) возможность увеличения установленной производительности компрессорной станции путем замены оборудования на более производительное без нарушения работы станции в период ее реконструкции.

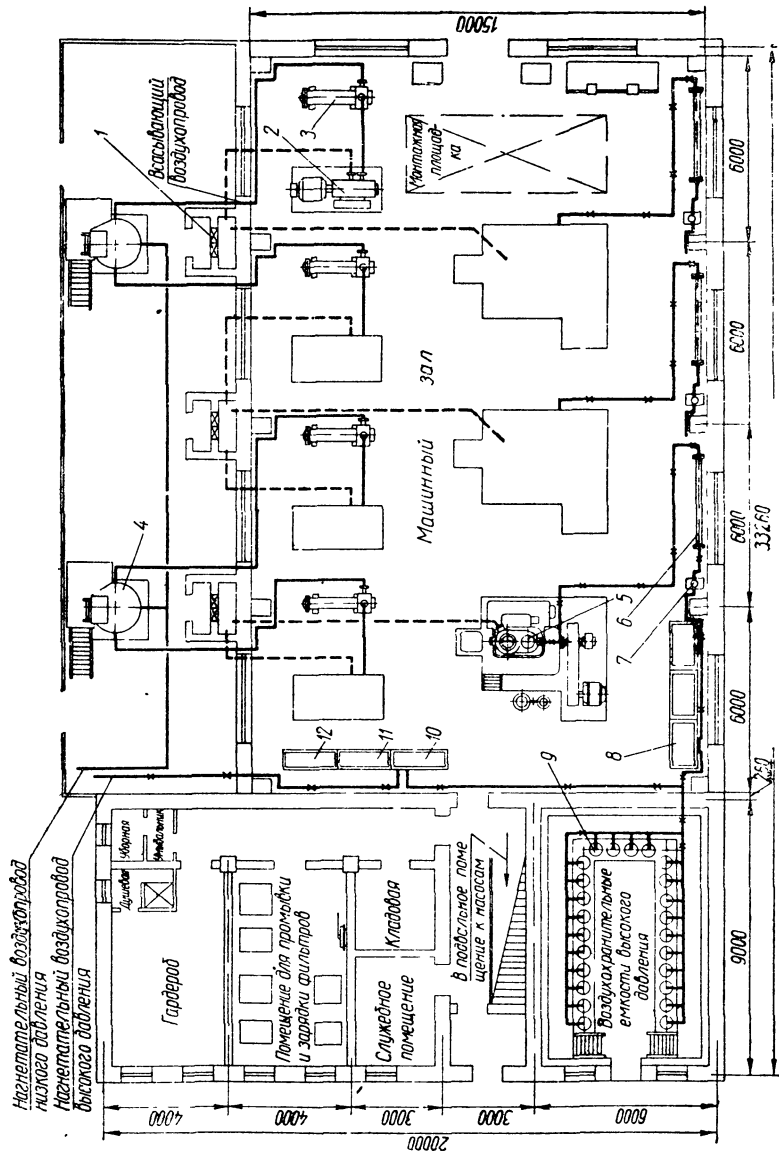
В тех случаях, когда на предприятии применяется сжатый воздух низкого и высокого давлений, целесообразно компрессоры устанавливать в одном машинном зале (фиг. 86).

Компрессорные агрегаты расположены в два ряда, электродвигателями к стенам, а компрессорами друг к другу, чем созданы удобства для их обслуживания. Условными линиями на плане намечены основные направления всасывающих и нагнетательных трубопроводов, которые показывают, что при данном количестве и габаритах оборудования компоновка выполнена с учетом большинства требований, предъявляемых к компрессорным станциям.

При такой компоновке компрессорной станции к длинной стороне машинного зала можно пристроить трансформаторную подстанцию или другое производственное помещение, закрыв окна не в ущерб освещенности помещения. На фиг. 87 и 88 изображены план и поперечный разрез типовой компрессорной станции, в машинном зале которой установлены четыре турбокомпрессора марки К-250-61-1 Невского машиностроительного завода имени Ленина. Машинный зал выполнен с двумя горизонтами обслуживания компрессорного агрегата. На отметке 0,00 расположено все вспомогательное оборудование, маслохозяйство агрегатов и все водяные коммуникации, а на отметке +3,25 размещено основное оборудование: турбокомпрессоры производительностью по 250 м³/мин воздуха конечным давлением 8 атм и их приводы — синхронные электродвигатели типа СТМ-1500-2 мощностью по 1750 квт.

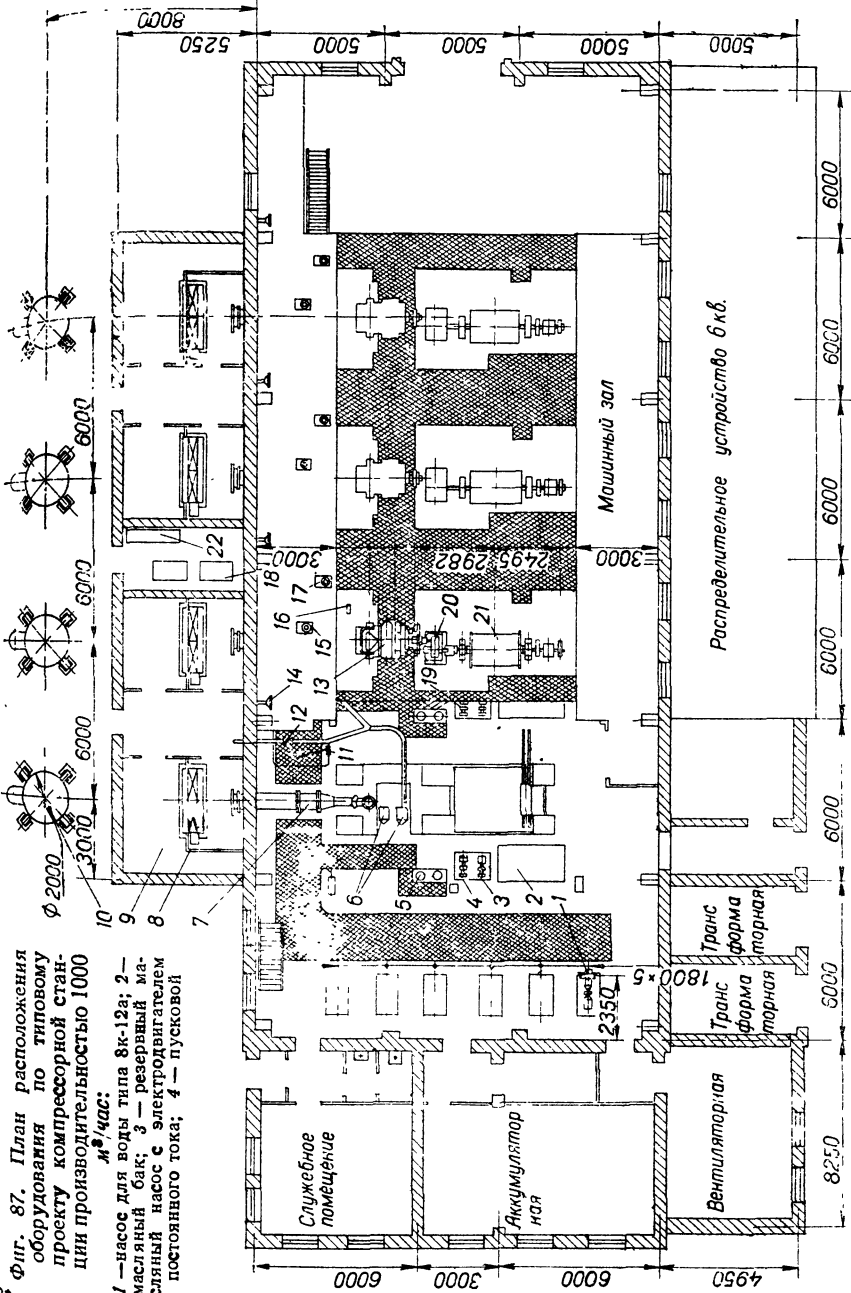
Атмосферный воздух засасывается через воздухоприемник 23, проходит камеру фильтров 9, очищается в воздушных самоочищающихся фильтрах 8 изготовления Славянского завода «Машмет» и, пройдя через дроссельную заслонку 7, установленную на всасывающем тракте, поступает на первую ступень турбокомпрессора 13, откуда — в воздухоохладитель 6, затем снова в турбокомпрессор и наконец — в вертикальный воздухосорбник 10 емкостью 20 м³ изготовления фастовского завода «Красный Октябрь».

Из каждого воздухосорбника сжатый воздух поступает в сборный коллектор 24, откуда производится выдача воздуха потребителям. На коллекторе устанавливается измерительная диафрагма для замера количества воздуха, вырабатываемого станцией. Управление запорными задвижками, установленными на воздухопроводах, проложенных от воздухосорбников до сборного коллектора, предусмотрено осуществлять с помощью колонок 14 с дистанционным управлением, расположенными в машинном зале. Рядом расположены регулирующие 15, антипомпажные 17 устройства и колонка с манометрами 16. Для монтажа и ремонта компрессоров в машинном зале устанавливается мостовой электрический кран 25 грузоподъемностью 10 т, пролетом 13,5 м по ГОСТу 3332-46.



Фиг. 86. Компоновка компрессорной станции низкого и высокого давлений:

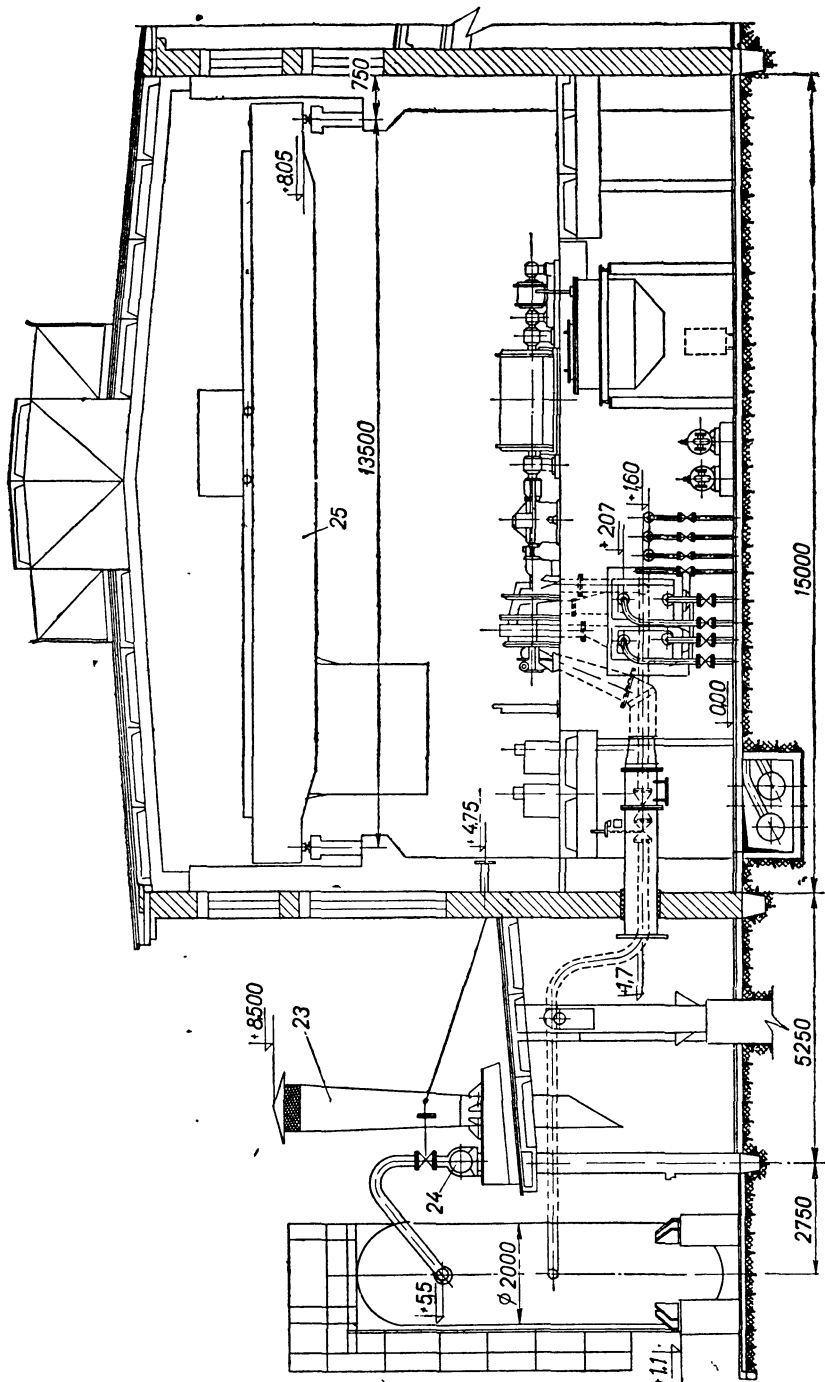
1 — фильтр-камера; 2 — компрессор 200В-10/8 с электродвигателем; 3 — горизонтальный трубчатый конечный охладитель воздуха с масловододелителем; 4 — воздухоохладитель с ленточными и площадками для обслуживания; 5 — компрессор 3р-7/220 с электродвигателем и промежуточными охладителями воздуха; 6 — конечный охладитель воздуха «труба в трубе»; 7 — конечный масловододелитель; 8 — установка для осушки воздуха высокого давления; 9 — баалоны для хранения воздуха под давлением 500 атм; 10 — щит контрольно-измерительных приборов и управления компрессорными установками высокого давления; 11 — щит общих измерительных приборов компрессорных установок низкого и высокого давлений; 12 — щит общих измерительных компрессорных установок низкого и высокого давлений.



Фиг. 87. План расположения оборудования по типовому проекту компрессорной станции производительностью 1000 м³/час:

1 — насос для воды типа 8к-12а; 2 — масляный бак; 3 — резервный масляный насос с электродвигателем постоянного тока; 4 — пусковой

масляный насос с электродвигателем переменного тока; 5 — маслоохладитель; 6 — воздухоохладитель; 7 — просеивающая заслонка; 8 — воздушный самоочищающийся фильтр с электроприводом (две панели); 9 — камера фильтров; 10 — воздухооборник; 11 — клапан выпускной Ду 70; 12 — клапан обратный Ду 200; 13 — турбокомпрессор; 14 — колонка дистанционного управления; 15 — регулирующее устройство; 16 — колонка для манометров; 17 — антипламное устройство; 18 — сепаратор; 19 — редуктор; 20 — масляный насос (главный); 21 — электродвигатель к компрессору; 22 — бак для масла; 23 — воздушный коллектор (виден на фиг. 88); 24 — сборный коллектор (виден на фиг. 88); 25 — кран вставной (см. фиг. 88).



Фиг. 88. Поперечный разрез машинного зала типовой компрессорной станции производительностью 1000 м³/мин. Обозначения те же, что на фиг. 87.

4. ПОМЕЩЕНИЕ НАСОСОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

В главном здании компрессорной станции бывает рациональным выделить отдельное помещение для насосов водоснабжения.

Насосы устанавливаются обычно в подвальном помещении или в специальных приямках машинного зала, в результате чего они постоянно находятся под заливом.

Устанавливать насосы в машинном зале, где они будут работать со всасыванием, не рекомендуется и вовсе не допускается, при температуре воды свыше 40°C .

Теоретические размеры помещения насосной станции определяются исходя из количества и типа установленных насосов, а также из условий удобства их эксплуатации. Расстояния между выступающими частями насосных агрегатов должны быть не менее 1 м. Обычно эти расстояния бывают большими, так как при отсутствии подъемных механизмов в помещении насосной станции проходы между агрегатами должны быть увеличены на 0,5 м против указанных выше.

Всасывающие и напорные трубопроводы в насосных станциях рекомендуются укладывать в каналах, перекрываемых съемными плитами. Уклон трубопроводов должен быть в сторону насосов и колодцев.

Устройство насосных станций водоснабжения должно осуществляться в соответствии с требованиями «Норм и технических условий проектирования водопровода промышленных предприятий и поселков при них, НИТУ-126-55» [27].

На фиг. 85 показан план насосной станции оборотного водоснабжения, обслуживающей компрессорную станцию, в которой установлены три компрессора производительностью по $100\text{ м}^3/\text{мин}$. Помещение насосной расположено в торце машинного зала под бытовыми и вспомогательными помещениями на глубине 2 м. В нем устанавливаются три центробежных насоса типа 8К-12 производительностью $220\text{—}340\text{ м}^3/\text{час}$ при напоре $25\text{—}32\text{ м}$. Насосы имеют три электродвигателя типа А81-4 мощностью по 40 кВт при $1450\text{ об}/\text{мин}$. В насосной станции оборотного водоснабжения типовой компрессорной станции, в которой установлены четыре компрессора производительностью по $20\text{ м}^3/\text{мин}$, могут быть установлены насосы, различные по производительности: три центробежных насоса марки 4К12^а производительностью $60\text{—}110\text{ м}^3/\text{час}$ при напоре $31\text{—}23\text{ м}$ с тремя электродвигателями типа А61-2 мощностью по 14 кВт при $2900\text{ об}/\text{мин}$ или три центробежных насоса марки 6К-8 производительностью $110\text{—}190\text{ м}^3/\text{час}$ при напоре $31\text{—}36\text{ м}$ с тремя электродвигателями типа А72-4 мощностью по 28 кВт при $1450\text{ об}/\text{мин}$.

5. ПОМЕЩЕНИЕ ПРОМЫВКИ ФИЛЬТРОВ И КЛАДОВАЯ МАСЕЛ

Применяющиеся в компрессорных станциях металлические масляные фильтры на всасывающих трактах компрессорных установок требуют в процессе эксплуатации промывки их и зарядки маслом. Для этого в зданиях компрессорных станций предусматриваются

отдельные помещения, в которых устанавливают необходимое оборудование.

Помещение промывки фильтров обычно выделяется в пристройках к машинному залу, на первом этаже или в подвале. Во всех случаях оно должно быть изолировано от других помещений негорюемой стеной и иметь непосредственный выход на территорию предприятия через коридор или тамбур. В упомянутом помещении допускается хранение масел в количестве не более 250 л для смазки ячеек фильтров. Большое количество масел должно храниться на специальном складе. Чаще всего масло хранится в отдельной кладовой, которую нужно располагать на первом этаже или в подвале пристройки к машинному залу. Устройство склада масел должно отвечать действующим нормам [28]. Помещение маслосклада площадью более 25 м² должно иметь два выхода: один непосредственно наружу и другой — в коридор. В этом помещении необходима хорошая вентиляция. К ваннам промывки фильтров необходимо подводить пар или горячую воду.

При значительных расходах масла, а также при наличии в компрессорной станции крупных потребителей жидкого топлива, например двигателей внутреннего сгорания, топливно-масляное хозяйство размещается вне здания компрессорной станции или в изолированной пристройке. Если в здании компрессорной станции имеются расходные баки и резервуары для масел или других горючих жидкостей емкостью более 250 л, то для самотечного опорожнения их (в аварийных случаях) необходимо устанавливать в земле, в 5 м от стен здания, аварийный резервуар.

6. БЫТОВЫЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ

При компоновке компрессорной станции, на которой в смену будут работать более четырех человек, необходимо предусматривать следующие бытовые помещения: гардероб, санитарный узел и служебную комнату. В больших компрессорных станциях, со штатом более восьми человек, необходимо предусматривать также душевую.

Устройство душевых в здании компрессорной станции промышленного предприятия необязательно. Достаточно устройства умывальников с подачей горячей воды.

Устройство уборной при компрессорной станции допускается только в случае возможности непосредственного подсоединения ее к канализационной сети.

Выходы из бытовых помещений должны устраиваться в коридор. Входы в компрессорную должны иметь тамбуры.

Кроме монтажных дверей, выходящих наружу, двери из машинного зала, кладовой масел и помещения электроустройств должны открываться в сторону коридора.

Отдельные помещения для ремонтных мастерских в зданиях компрессорных станций необязательны, если компрессорная станция размещена на территории промышленного предприятия или в машинном зале имеется место для производства текущего ремонта.

В книге приведены данные о воздушных компрессорах и приводах к ним, о фильтрах, охладителях и осушителях воздуха, о маслоразделителях и воздухоотделителях, применяющихся в компрессорных установках. Рассмотрены технологические схемы и компоновки компрессорных станций, даны методы определения нагрузок и повышения производительности компрессорных установок, а также рекомендации по проектированию и строительству компрессорных станций. Даны указания по выбору оборудования, приборов контроля, арматуры и трубопроводов, монтажу и организации работ. Освещены вопросы энерго- и водоснабжения, сигнализации и автоматизации.

Книга рассчитана на инженерно-технических работников, занимающихся проектированием, монтажом и эксплуатацией компрессорных станций.

Рецензент инж. *А. И. Белевитин*

Редактор инж. *Н. П. Онищенко*

ЮЖНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ МАШГИЗА
Главный редактор инж. *В. К. Сердюк*

При необходимости иметь при компрессорной станции ремонтную мастерскую устройство ее должно быть выполнено в соответствии с требованиями норм, предъявляемых к цехам промышленных предприятий.

К вспомогательным помещениям компрессорной станции следует отнести также помещение для сосудов, работающих под давлением, например помещение воздухохранительных баллонов или установок осушки воздуха.

Такие помещения должны быть просторными, светлыми и сухими; в них должна поддерживаться нормальная температура и быть чистый воздух.

Глава -IX-

ЗДАНИЯ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ СООРУЖЕНИЯ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ

1. ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПЛАН И ВЫБОР ПЛОЩАДКИ ДЛЯ РАСПОЛОЖЕНИЯ КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ

На территории компрессорной станции могут располагаться: здание компрессорной станции, сосуды для сжатого воздуха, охлаждающие устройства, сеть трубных коммуникаций (водопровода, канализации, пара, горячей воды и т. д.), подходы и подъезды для автомашин.

Компрессорная станция располагается обычно в зоне энергетических объектов.

При выборе места расположения компрессорной станции руководствуются общими принципами решения генеральных планов промышленных предприятий.

Теоретически наиболее выгодным считается расположение станции в центре объемов потребления (расходов) воздуха потребителями, так как при этом получается наименьшая стоимость трубопроводов.

Однако при определении места расположения станции необходимо учитывать специфические особенности производства, требования, предъявляемые противопожарными нормами строительного проектирования (Н 102-54), санитарными нормами проектирования промышленных предприятий (Н 101-54), а также инженерно-геологические и архитектурно-планировочные условия застройки площадки.

В отношении специфических условий производства необходимо учитывать следующее.

1. Здания компрессорных станций должны находиться вдали от источников постоянного загрязнения воздуха механическими примесями, газами и влагой (пескоструйные камеры, ацетиленовые станции, брызгальные бассейны и т. п.).

2. Так как компрессорные станции создают шум, то они должны располагаться с подветренной стороны и не ближе 50 м от жилых и общественных зданий.

3. Следует считать целесообразным расположение зданий компрессорных станций в районах расположения кислородных станций и промышленных котельных, так как в этих случаях межцеховые трубопроводы можно прокладывать совмещенно в одних каналах. При этом необходимо учитывать, что при прокладке воздухопроводов совместно с кислородопроводами температура сжатого воздуха должна быть не выше 25° С.

4. Территория, занимаемая зданием и сооружениями компрессорной станции, должна быть ограждена, причем расстояние от ограды до стенки воздухоборника должно быть не менее 5 м.

Здания и сооружения, входящие в состав компрессорных станций, должны быть расположены от железнодорожных путей и автогужевых дорог на расстояниях, не менее указанных в табл. 44.

Таблица 44

Расстояния от зданий и сооружений компрессорных станций до железных и автогужевых дорог

Наименование	Расстояние, м
От железнодорожных путей следования организованных поездов (от оси пути)	50
От железнодорожных путей на территории завода (от оси пути)	10
От автогужевых дорог общего пользования (от бровки земельного полотна)	15
От автогужевых дорог на территории завода (от бровки земельного полотна)	5

Противопожарные разрывы между сооружениями компрессорной станции и закрытыми складами определяются степенью их огнестойкости по наиболее опасной в пожарном отношении категории производства, размещенного в одном из сооружений, и назначаются по Н 102-54.

Противопожарные разрывы между воздухоборниками любых типов и другими сооружениями назначаются в зависимости от характера сооружений также согласно Н 102-54; при этом ресиверы для сжатого воздуха относятся к категории «Д»;

В отношении обеспечения возможности подъездов к зданию компрессорной станции пожарных автомашин необходимо соблюдать указания пп. 15 и 16 Н 102-54. В частности, подъезд пожарных автомашин к станции должен быть обеспечен не менее чем с двух сторон здания, вдоль всей его длины; при этом ширина свободной спланированной территории, предназначенной для подъезда (в случае отсутствия дорог, устраиваемых по производственным условиям), должна быть не менее 6 м.

Расстояние от края проезжей части или свободной спланированной территории до стены здания должно быть не более 25 м.

Основные требования Н 102-54 к расположению компрессорных станций на генеральном плане сводятся, помимо требований, предъявляемых к генеральному плану в целом, к следующему.

1. Площадка должна иметь относительно ровную поверхность и уклон, обеспечивающий отвод поверхностных вод.

2. Расположение здания относительно стран света и направления господствующих ветров должно обеспечивать наиболее благоприятные условия для естественного освещения, проветривания помещения и борьбы с инсоляцией. В этой связи санитарные разрывы между компрессорной станцией и прилегающими зданиями, при освещении компрессорной станции через оконные проемы, должны быть не менее наибольшей высоты до карниза противостоящих зданий (при продольных фонарях, расположенных ближе 3 м от фасада здания, за высоту здания принимается высота до карниза фонаря). Разрывы от открытых складов угля и других пылящих материалов желательно иметь не менее 50 м.

По условиям безопасности воздухохранилища (ресиверы) желательно располагать на север или, в худшем случае, на северо-восток. Кроме того, воздухохранилища не должны быть обращены в сторону расположенных в непосредственной близости железнодорожных путей и других видов дорог, а также тротуаров.

3. Здание станции для защиты от влияния пыли и газов следует окружать древесными насаждениями.

4. К зданию компрессорной станции должен устраиваться мощный или асфальтированный тротуар шириной не менее 0,75 м.

Что касается инженерно-геологических условий, то предпочтительны площадки, на которых не требуется делать искусственных оснований, устраивать гидроизоляцию заглубленных в землю помещений и частей сооружений, производить крупные водоотливные работы при строительстве и большой объем земляных работ при планировке, а также принимать специальные меры по осушке и дренажу территории.

Комплекс мероприятий по внешнему благоустройству площадки должен быть увязан с общей системой благоустройства соответствующей зоны и всей площадки предприятия в целом, учитывающей условия организации пешеходных и грузовых потоков, а также производственные и санитарно-гигиенические требования.

2. АРХИТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К УСТРОЙСТВУ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ

Производственные, вспомогательные, бытовые и административные помещения компрессорной станции, а также строительные конструкции и сооружения, служащие для установки и эксплуатации различного оборудования, принято называть строительной частью компрессорной станции.

Строительная часть компрессорной станции должна прежде всего соответствовать внутреннему ее содержанию. Поэтому она в значительной степени определяется производственными требованиями. Наряду с этим строительная часть должна наиболее полноценно отвечать санитарно-гигиеническим, архитектурным, конструктивным и экономическим требованиям.

Создание строительной части, отвечающей указанным выше условиям, в значительной мере регулируется общеобязательными «Строительными нормами и правилами» (сокращенно СНиП). Соблюдение норм должно обязательно обеспечивать не только технически целесообразное, но и наиболее экономичное решение. Для получения наиболее экономичных решений строительной части компрессорных станций необходимо стремиться к возможно меньшей площади и объему при заданной мощности, а также к применению наиболее экономичных материалов и конструкций с учетом максимальной возможной индустриализации строительно-монтажных работ.

Сокращение площади и объема компрессорной станции при заданной мощности может достигаться: применением более экономичных норм и целесообразным компоновочным и конструктивным решением. Наиболее эффективным путем создания самых экономичных решений представляется типовое проектирование. Однако обеспечение типовыми проектами всех многочисленных разновидностей компрессорных станций представляет пока задачу практически трудную. В связи с этим в настоящее время в практике строительства имеет место строительство станций по индивидуальным проектам.

Однако при этом нужно стремиться к максимальному использованию типовых решений отдельных узлов и деталей.

Как указывалось в гл. VIII, компрессорные станции могут быть расположены в отдельных зданиях или сблокированы в одном здании с другими объектами предприятия.

Отдельные здания компрессорных станций обычно одноэтажные, имеющие один или несколько пролетов, часто с различными высотами помещений.

При проектировании строительной части компрессорных станций следует максимально унифицировать основные параметры зданий (пролеты, высоты, нагрузки), а также размеры всех элементов в соответствии с принятой в строительстве системой укрупненных модулей, с учетом необходимости наибольшего использования стандартных типовых элементов и деталей конструкций.

Здания компрессорных станций производительностью более $20 \text{ м}^3/\text{мин}$ должны быть не ниже III степени огнестойкости, а производительностью до $20 \text{ м}^3/\text{мин}$ — не ниже IV степени огнестойкости. В соответствии с изложенным выше назначают конструкции и материалы частей здания, руководствуясь указаниями Н 102-54.

Учитывая эти указания, а также условия техники безопасности, стены и перекрытия зданий компрессорных станций выполняются обычно из огнестойких или несгораемых материалов (кирпича, бетона, железобетона, металла и т. п.).

Главное здание компрессорной станции, в котором размещаются машинный зал, воздухохранительные емкости, осушительные батареи, при отнесении его к I или II степени огнестойкости, должно быть одноэтажным с бесчердачным несгораемым покрытием; при отнесении его к III степени огнестойкости и ниже покрытие может быть сгораемым. Кровли бесчердачных покрытий в зданиях всех степеней огнестойкости могут выполняться сгораемыми.

В задачу объемно-планировочного решения компрессорной станции входит составление планов и разрезов здания, определяющих площади помещений и общие объемные размеры станции.

Основой объемно-планировочного решения является технологическая планировка производственного оборудования и производственных помещений.

Начинается объемно-планировочное решение с определения необходимых площадей помещений, входящих в состав станции. Площади основных и вспомогательных производственных помещений являются при этом заданными технологическим проектом планировки. Затем определяют состав и площади бытовых.

В состав бытовых помещений компрессорных станций в соответствии с санитарной характеристикой производственного процесса входят, в общем случае, гардеробные, уборные, умывальные, иногда душевые и курительные.

Расчет площади всех бытовых помещений, за исключением площадей гардеробов рабочей одежды при открытом способе хранения и гардеробов всех видов одежды при закрытом способе хранения, следует производить на 90% списочного состава работающих на производстве в смену с наибольшей нагрузкой.

В компрессорных станциях, где количество работающих невелико, целесообразно принимать закрытый способ хранения одежды (в шкафах) с самообслуживанием.

Число мест в гардеробах при закрытом способе хранения всех видов одежды определяется суммарным числом работающих во всех сменах.

Оборудование гардеробов в отношении размеров должно отвечать требованиям, изложенным в СНиП.

После определения необходимых площадей помещений и сооружений производится их окончательная компоновка. В задачу проектировщика-строителя входит рациональная и экономичная планировка бытовых и административно-конторских помещений в сочетании с производственными помещениями и сооружениями с учетом создания наибольших удобств эксплуатации компрессорной станции.

Размещение бытовых помещений в пристройках к производственным помещениям особенно целесообразно при расположении в одном корпусе с бытовыми помещениями также административно-конторских и подсобно-производственных помещений. При небольшом числе работающих иногда целесообразно использование с некоторыми ограничениями для бытовых устройств участков в рабочей зоне, свободных от оборудования.

Допускается также расположение в подвальных этажах, снабженных механической вентиляцией, бытовых помещений, предназначенных для кратковременного пребывания в них рабочих (гардеробных, умывальных, душевых, курительных и др.).

При размещении бытовых помещений в пристройках к производственным зданиям необходимо установление наиболее рациональной сетки разбивочных осей пристройки. По исследованиям Промстройпроекта, наиболее экономичной по расходу площади на бытовые, конторские помещения является сетка разбивочных осей пристроек с пролетами $6,5 + 2,5$ м при продольном шаге 4 м. Продольный шаг может быть принят и иной, например 6 м.

При объемно-планировочном решении здания всей станции (за исключением пристройки для бытовых и конторских помещений) расстояние между осями, а также высоты от пола до низа несущих конструкций покрытия, головки подкранового рельса и верха крановой консоли желательны принимать кратными крупному модулю 200 мм (СНиП, ч. II, гл. 2, § 3).

Рекомендуется назначать величину типовой сетки основных разбивочных осей здания, кратную 3 м. При этом шаг колонн, равный 6 м, рекомендуется как оптимальный. При применении в покрытиях предварительно напряженных железобетонных конструкций шаг колонн может быть увеличен до 12 м. Пролеты одноэтажных зданий компрессорных станций назначаются в зависимости от пролетов мостовых кранов или технологических условий. Рекомендуется при этом принимать размеры, соответствующие стандартным сборным железобетонным несущим пролетным конструкциям покрытий, а именно: 6, 9, 12, 15, 18, 24, 27 м. С той же целью соблюдения стандартности элементов основные положения по унификации конструкций производственных зданий [30] рекомендуют назначать высоту помещений в одноэтажных зданиях с соблюдением следующих правил:

1) в зданиях без мостовых кранов высота от уровня пола до низа несущих конструкций покрытия должна быть кратной 1 м, а в бескаркасных зданиях — кратной 0,2 м;

2) в зданиях с мостовыми кранами с отметкой подкранового рельса до 8 м номинальная высота от уровня пола до головки рельса должна быть кратной 1 м, а при отметке головки подкранового рельса более 8 м — кратной 2 м;

3) высоту от пола до низа несущих конструкций в пролетах без мостовых кранов принимать 4—5 м

4) высоту пролетов, оборудованных подвесными кранбалками, а также зданий с внутренним отводом воды и без мостовых кранов принимать 5—6 м;

5) в крановых пролетах номинальную высоту от пола до головки рельса при кранах грузоподъемностью до 10 т принимать равной 6—8 м, а при кранах грузоподъемностью 15, 20, 30 т — соответственно 8, 10 и 12 м.

В случае необходимости и технико-экономической целесообразности от указанных выше рекомендаций могут быть сделаны отклонения.

При назначении пролетов и высот помещений, оборудованных мостовыми кранами, необходимо учитывать габариты приближения конструкций мостовых кранов к конструкциям здания.

Габариты приближения принимаются в соответствии с действующим ГОСТом на мостовые краны.

Конструктивное решение здания компрессорной станции начинается с выбора несущих и ограждающих конструкций, правильный выбор схемы и материала которых оказывает влияние на его экономичность. Этот выбор рекомендуется делать на основе технико-экономического сравнения вариантов конструктивных решений, произведенных с учетом использования местных строительных материалов и условий производства строительно-монтажных работ. За основу выбора принимаются наименьшая стоимость и трудоемкость строительства, наилучшие условия эксплуатации здания.

Здания компрессорных станций могут быть бескаркасными и каркасными (с полным и неполным каркасом). Это зависит в основном от количества пролетов и принятой конструкции стен.

Несущие конструкции зданий компрессорных станций могут выполняться из дерева, кирпича, бетона, железобетона и стали. При этом должна соблюдаться максимальная экономия материалов, а применение стали должно допускаться только тогда, когда использование других материалов невозможно технически или экономически нецелесообразно. В этом отношении необходимо соблюдать ограничения, предусмотренные «Техническими правилами по экономному расходованию металла, цемента и леса в строительстве» (ТП-101-51).

Назначение материалов конструктивных элементов производится в зависимости от класса здания, а также необходимой степени его огнестойкости.

Для несущих конструкций покрытий, если необходимо обеспечить достаточную их огнестойкость или стойкость против вредных влияний окружающей среды, рекомендуется применять для пролетов до 15 м включительно — железобетон, а для пролетов 18 м и более — железобетон или сталь.

Для стоек и колонн применяется кирпич или железобетон. Подкрановые балки следует осуществлять из сборного или монолитного железобетона в том случае, если их нельзя изготовить из стальных прокатных двутавровых балок сравнительно небольшого профиля (до № 30).

Наружные стены компрессорных станций могут выполняться каменными или железобетонными — панельными.

Фундаменты могут быть бутовыми, бетонными или железобетонными.

При назначении схем конструкций необходимо предусматривать возможность возведения их индустриальными методами. В этой части весьма прогрессивным следует считать применение сборных конструкций. При этом нужно иметь в виду, что сборные железобетонные конструкции с предварительно напряженной арматурой могут успешно

конкуртировать со стальными конструкциями при любых больших пролетах и нагрузках.

При выборе типов сборных железобетонных конструкций следует руководствоваться типовыми конструкциями, утвержденными Госстроем СССР, а также новейшими типами строительных конструкций, приводимыми в периодической научно-технической литературе. Иногда при проектировании приходится принимать индивидуальные решения сборных конструкций. В этих случаях нужно стремиться к тому, чтобы они по возможности приближались к типовым по форме или по некоторым основным размерам.

Во всех случаях применения сборных конструкций необходимо предельно ограничивать количество типоразмеров элементов, а также производить выбор типов сборных конструкций с учетом наибольших их взаимозаменяемости (например, чтобы стены могли быть крупноблочными или сплошными кирпичными, стропильные фермы или балки допускали устройство как прогонного, так и беспрогонного типа покрытия и т. д.), а также с учетом наличия местных наиболее дешевых заполнителей для бетонов, принятой технологии производства элементов конструкций (на заводах или полигонах), условий транспортирования и монтажа с максимальным использованием грузоподъемности применяемых на строительстве монтажных механизмов [43].

В статическом отношении здания компрессорных станций в зависимости от расстояния между капитальными поперечными стенами могут иметь упругую или жесткую конструктивную схему. Если расстояния между поперечными устойчивыми конструкциями, например поперечными капитальными стенами, превышают указанные в табл. 45, то конструктивная схема считается упругой.

Таблица 45

Максимальные расстояния между поперечными конструкциями, при которых перекрытия считаются жесткими опорами для стен и столбов [44]

Класс перекрытий	Виды перекрытий и покрытий	Расстояния между поперечными конструкциями при группе кладок, м			
		I	II	III	IV
A	Деревянные перекрытия и покрытия	30	24	18	12
B	Перекрытия и покрытия из сборного железобетона	40	32	24	—
B	Железобетонные монолитные и сборные замоноличенные перекрытия и покрытия	50	40	30	—

Примечание. Указанные в таблице предельные расстояния должны быть уменьшены в следующих случаях: 1) при скоростных напорах ветра 70 и 100 кг/м² — соответственно на 15 и 20%; 2) при высоте зданий более 20 м — на 10%; 3) для узких зданий при ширине b менее двойной высоты этажа $h_{эт}$ — пропорционально

отношению $\frac{b}{2h_{эт}}$.

В этом случае несущие конструкции решаются в виде рам с верхними шарнирными узлами (шарнирным опиранием ригелей, несущих покрытие) и жестким сопряжением колонн с фундаментами. Если же расстояние между поперечными капитальными стенами (устойчивыми конструкциями) не превышает указанных в табл. 45, то конструктивная схема здания считается жесткой. Несущие конструкции в этом случае решаются в виде ригельно-стоечной системы. Такая схема является наиболее целесообразной.

В большинстве случаев в зданиях компрессорных станций эта схема легко достигается соответствующим расположением поперечных капитальных стен (поперечных устойчивых конструкций). Достаточно устойчивыми поперечными диафрагмами в этом отношении могут считаться каменные стены не тоньше 12 см, железобетонные стены не тоньше 6 см, лестничные клетки и т. п.

Все продольные конструкции здания: подкрановые, обвязочные, фундаментные балки, а также прогоны или крупнопанельные плиты покрытий рассматриваются обычно как разрезные элементы, т. е. однопролетные, свободно опирающиеся на опоры балки. Что касается конструкции покрытий, то они могут осуществляться с применением прогонов или без прогонов. Последний тип с применением крупнопанельных плит получил наибольшее распространение. В последнее время все более распространяются пространственные конструкции покрытий, совмещающие в себе функции несущих элементов и заполнения (плитофермы, тонкостенные своды и т. п.).

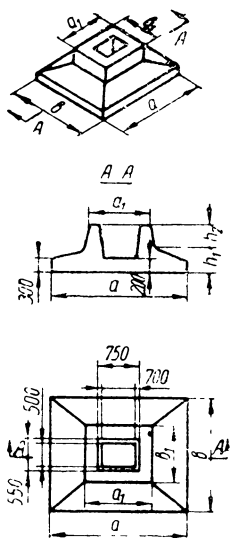
Шаг несущих конструкций (колонн, стропильных балок) целесообразно принимать 6 м.

Рекомендации к выбору типов конструкций. Выбор типа фундаментов зависит от принятой конструкции стен и колонн. Под сплошные стены рекомендуется устраивать фундаменты ленточные сборные из отдельных бетонных, легко армированных блоков или из бутовой кладки. Их можно осуществлять также в виде отдельных столбов. Под кирпичные столбы — отдельные сборные фундаменты (бетонные или железобетонные) или из бутовой кладки.

Фундаменты под железобетонные сборные колонны следует осуществлять отдельными стаканного типа сборными железобетонными, цельными или из отдельных блоков (фиг. 89).

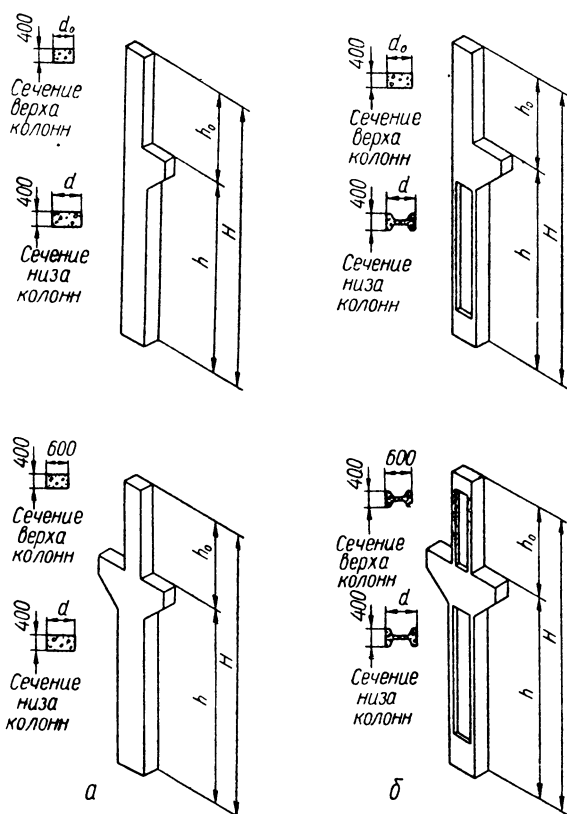
Колонны, несущие стены, стены лестничных клеток, перегородки производственных помещений должны быть негорючими (каменными или железобетонными).

Железобетонные сборные колонны для зданий без мостовых кра-



Фиг. 89. Отдельный сборный железобетонный фундамент стаканного типа под колонну.

нов обычно применяются прямоугольного сечения. Для зданий с мостовыми кранами рекомендуется применять также колонны двутаврового сечения (фиг. 90). При небольших нагрузках промежуточные колонны можно осуществлять из каменной кладки.



Фиг. 90. Сборные железобетонные колонны:
 а — прямоугольного сечения; б — двутаврового сечения.

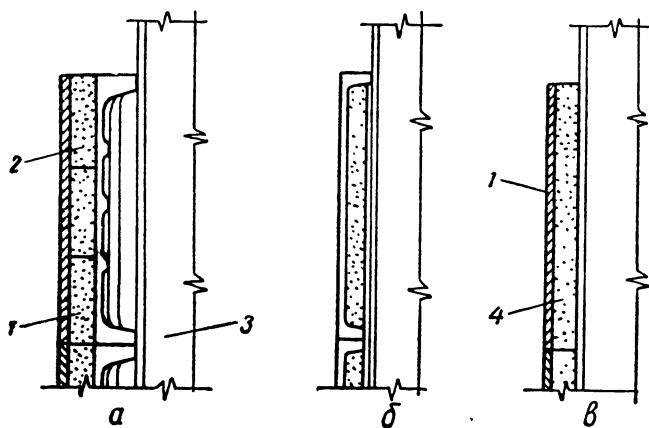
Толщина наружных стен в теплых помещениях (машинного зала, мастерской, служебных помещениях) принимается исходя из тепло-технических требований в зависимости от географического района строительства зданий. В остальных помещениях (электроподстанция, вентиляционная камера и т. д.) толщина стен назначается по конструктивным соображениям.

При решении вопроса о конструкции каменных стен следует руководствоваться «Инструкцией по назначению типов каменных стен при проектировании зданий» (И 102-55) [13].

Несущие стены зданий компрессорных станций рекомендуется проектировать в виде несущих столбов или простенков с пилястрами

с заполнением между ними из легких каменных материалов или из облегченной кладки. Для неотопляемых помещений допускается применение стен толщиной в полкирпича с пилястрами. Каменные стены следует применять из крупных блоков или панелей, изготовленных из легких бетонов, камней, кирпича и облегченных кладок.

Типы стен должны назначаться с учетом максимального применения местных строительных материалов и максимального использования несущей способности каменной кладки. Следует широко



Фиг. 91. Крупнопанельные стеновые плиты:

а — утепленные железобетонные ребристые плиты (типа КРП) с ребрами, обращенными в сторону помещения и утеплителем, расположенным снаружи, *б* — то же, с утеплителем расположенным со стороны ребер; *в* — однослойные плиты из ячеистых или легких бетонов.

применять стены из легких каменных материалов и облегченных кладок.

Широкое применение находят стены из железобетонных панелей. Крупнопанельные стеновые плиты могут быть следующих типов:

1) утепленные железобетонные ребристые плиты (типа КРП) с ребрами, обращенными в сторону помещения, и утеплителем, расположенным снаружи (фиг. 91, *а*);

2) то же, с утеплителем, расположенным со стороны ребер (фиг. 91, *б*);

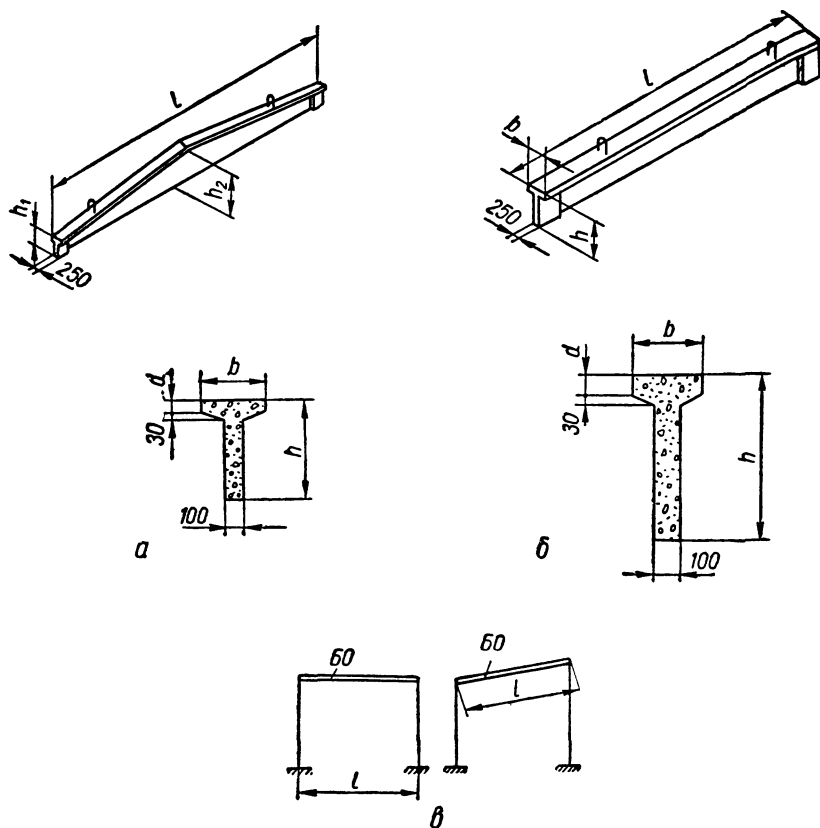
3) однослойные плиты из ячеистых или легких бетонов (фиг. 91, *в*).

Последние являются лучшим решением. Наружные стеновые панели из ячеистых бетонов имеют толщину 0,18—0,2 м, ширину 1,2—1,5 м и длину 6—7 м.

При применении для стен крупных железобетонных двухслойных или однослойных панелей железобетонный каркас здания осуществляется по полной схеме, т. е. с наружными железобетонными стойками. Плиты из ячеистых бетонов, а также ребристые двухслойные (железобетонные с утеплителем) устанавливаются в основном горизонтальными рядами на растворе и прикрепляются к колоннам жест-

кими или гибкими связями. Вертикальные швы также заполняются раствором.

За укрупненный модуль для размеров элементов стен следует принимать: вдоль стены — 0,5 м, а по высоте стены — 0,6 м. Номинальные размеры стеновых блоков: вдоль стены 1; 1,5; 2; 3 м, а по вертикали 0,6; 1; 2; 1,8 м. Размеры панелей: вдоль стены 6 м, а по вертикали 0,6; 1,2 и 1,8 м.



Фиг. 92. Сборная балка таврового сечения из обычного железобетона.

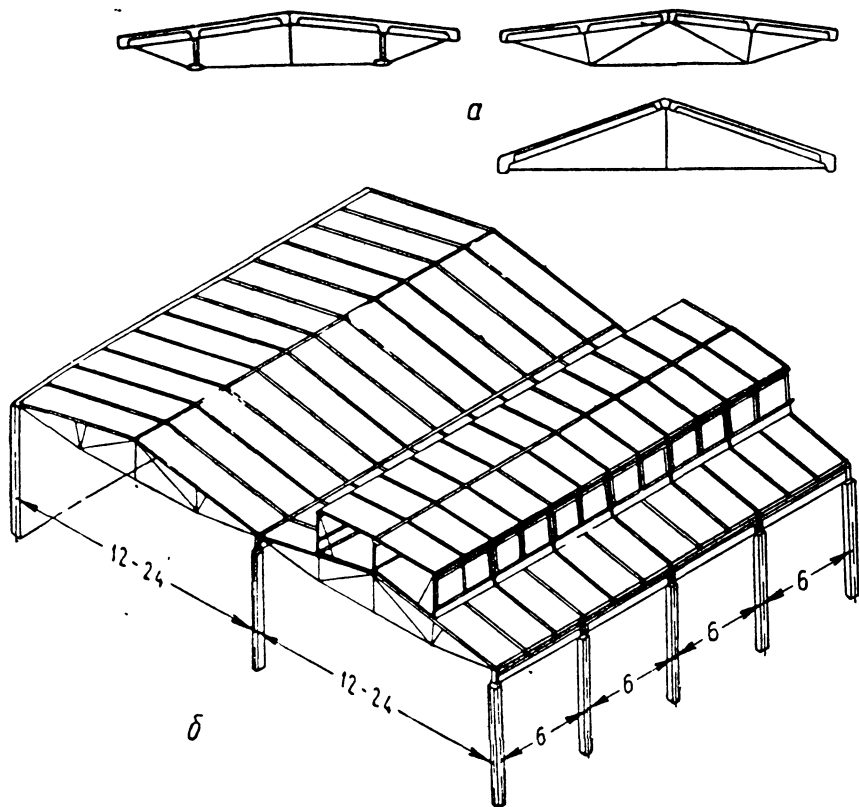
Для одноэтажных неотапливаемых зданий допускается применять стеновые панели высотой 1,5 м.

Перегородки в зданиях III степени огнестойкости разрешается устраивать трудно сгораемыми. Перегородки бытовых помещений могут быть трудно сгораемыми или сгораемыми при условии отделения этих помещений от других помещений компрессорной станции капитальными несгораемыми стенами.

Для покрытий с пролетами от 6 до 15 м могут применяться сборные балки таврового сечения из обычного железобетона (фиг. 92). Для

покрытий с пролетами от 12 до 18 м с успехом могут применяться также шпренгельные фермы или пространственные конструкции — плитофермы, тонкостенные своды и т. п. (фиг. 93).

Наиболее рациональными несущими конструкциями для покрытий с пролетами от 18 до 24 м и более являются предварительно напряженные железобетонные балки двутаврового сечения (фиг. 94).



Фиг. 93. Несущие конструкции покрытий пролетом от 12 до 18 м:
 а — шпренгельные фермы; б — пространственные конструкции.

Для пролетов от 12 до 30 м и более могут применяться также решетчатые железобетонные фермы обычные или с предварительно напряженными элементами. Следует иметь в виду, что предварительно напряженные конструкции в ближайшие годы вытеснят изгибаемые конструкции из обычного железобетона, так как они более экономичны, транспортабельны и имеют лучшие эксплуатационные качества.

В покрытиях с прогонами следует применять железобетонные прогоны таврового, углового или трапециевидного сечения. В крайнем случае можно применять металлические прутковые или прогоны из двутавров. При больших пролетах (до 12 м) применяются пред-

варительно напряженные железобетонные прогоны. При назначении шага прогонов нужно руководствоваться стремлением к возможному уменьшению количества типоразмеров кровельных элементов (плит). В качестве кровельного заполнения между прогонами можно рекомендовать типовые сборные железобетонные, армоцементные, армопеностонные и другие плиты. Возможно также применение плит из асбоцементных волнистых листов усиленного профиля «ВУ». Эти

плиты изготавливаются из двух листов с прокладкой утеплителя. Для неутепленных покрытий применение волнистых листов «ВУ» в один слой весьма эффективно.

Для беспрогонных покрытий следует применять крупнопанельные железобетонные плиты размерами $1,5 \times 6$; 3×6 м и крупнопанельные армопеностонные плиты типа КАП размерами $1,5 \times 6$ м конструкции ЦНИПС или другие легкобетонные крупнопанельные плиты. При больших пролетах (до 12 м) сле-

дует применять предварительно напряженные крупнопанельные плиты.

Подкрановые, фундаментные и обвязочные балки принимаются по разработанным в последнее время типовым рабочим чертежам.

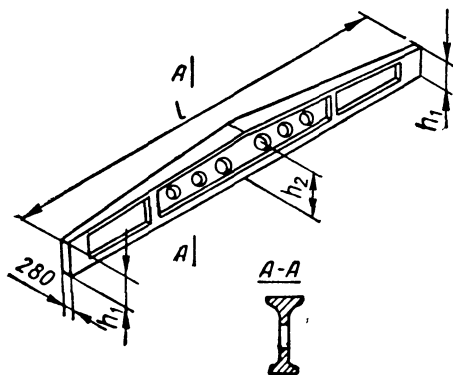
Предварительное назначение основных размеров конструкций здания можно производить, пользуясь чертежами типовых изделий и конструкций, прототипами конструкций или на основе приближенного расчета.

После назначения основных размеров элементов конструкций составляют конструктивные разрезы и планы здания, привязывая принятые конструкции к разбивочным осям объемно-планировочной схемы здания (фиг. 95).

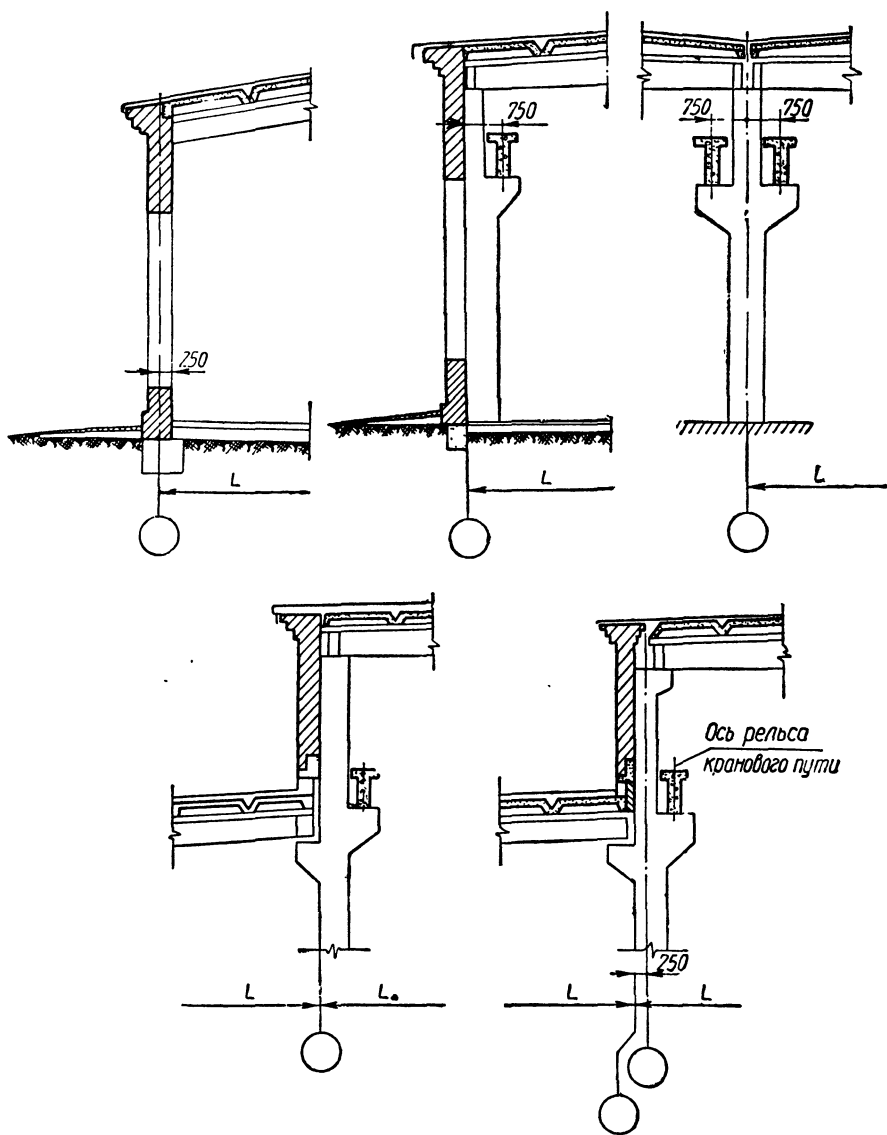
О к н а, д в е р и и в о р о т а. Естественное освещение помещений компрессорных станций может быть: боковое (через окна в наружных стенах), верхнее (через световые фонари в покрытии или проемы в местах перепадов высоты смежных пролетов здания), комбинированное (через световые фонари или перепады и через окна).

Расчет естественной освещенности производится в соответствии с указаниями Н 101-54 [40] или СНиП гл. II-В-5. При этом для определения коэффициентов естественной освещенности помещения компрессорных станций относят к следующим разрядам по зрительным условиям:

1) производственные помещения (машинный зал, насосная, ремонтная мастерская) — к III разряду;



Фиг. 94. Предварительно напряженная железобетонная балка двутаврового сечения.



Фиг. 95. Привязка конструктивных элементов зданий к разбивочным осям.

2) помещения размещения воздухоохладительных секций, хранения запасных частей и смазочных материалов, а также помещения осушительных батарей — к IV разряду.

Для конторских помещений отношение площади окон к площади пола должно быть от 1 : 6 до 1 : 9, а для бытовых помещений — от 1 : 10 до 1 : 15. Коридоры, гардеробные, умывальные, уборные, душевые допускается освещать вторым светом. Номинальную ширину оконных проемов рекомендуется принимать 1,5; 2; 3; 4 и 6 м, а размеры их по высоте — кратными 0,6 м. Заполнение оконных проемов машинного зала может осуществляться металлическим: нижняя полоса с двойными переплетами, а верхняя полоса — с одинарными. Стекло — обычное, толщиной 3—4 мм. Заполнение оконных проемов остальных помещений обычно принимается деревянное с двойными переплетами. Все окна должны открываться только наружу.

Размеры дверей и ворот принимаются в зависимости от их назначения и характера помещений. При этом следует придерживаться следующих размеров.

Размеры (ширина × высоту) проемов ворот, в обухах обрамляющих элементов: 2 × 2,4 м; 3 × 3 м; 4 × 3 м.

Ширина дверных проемов должна быть равной 1; 1,6 м, а высота — кратной модулю 0,6 м. Воротные и дверные заполнения можно делать деревянными, за исключением кладовых масел и вентиляторного помещения. В кладовых масел двери должны изготавливаться из материалов, имеющих предел огнестойкости не менее 0,75 часа, а в вентиляторных — герметические из металла. Полотнища дверей и ворот трансформаторных помещений с внутренней стороны, также как и клапаны аэрационных фонарей, обычно обиваются кровельным железом по войлоку, смоченному в глине.

В компрессорных станциях площадью более 200 м² должно быть не менее двух дверей шириной 1,5 м (не менее 1,2 м) каждая, расположенных в разных концах помещения и открывающихся наружу.

У воротного проема машинного зала устраивается обычно бетонный пандус с асфальтовым покрытием.

Полы. В машинном зале компрессорной станции, кладовой смазочных материалов и помещении осушительных батарей полы должны быть несгораемыми, водонепроницаемыми и не впитывающими жидкости, легко очищающимися от грязи и не являющимися источником образования пыли. В соответствии с этим в машинных залах и кладовых смазочных материалов рекомендуется устраивать полы мозаичные из керамиковых плит. В остальных производственных помещениях — цементные, бетонные или асфальтовые по бетонной подготовке марки 50. В машинных залах, где пол должен быть особенно чистым, разрешается применять метлахские плитки. Полы из метлахских плиток должны выполняться на кислотоустойчивом растворе. В служебных помещениях и мастерской полы могут быть деревянные или ксилолитовые, а в санитарных узлах — из метлахских плиток или цементные. Основание под полы должно быть тщательно уплотнено втрамбованием в грунт кирпичного или шлакового щебня толщиной

слоя 5 см. Подстилающий слой может выполняться из бетона марки М-50 толщиной 10 см. При устройстве подстилающего слоя в машинных залах, имеющих большие площади, устраиваются деформационные швы (поперек пролета), которые можно располагать через 15—20 м. Полы в камерах трансформаторов выполняются с уклоном к маслосборным ямам.

Конструкции подземных коммуникаций. Тоннели, колодцы, прямки и каналы выполняются железобетонными из бетона марки М-100 или М-150. Камеры установки фильтров выполняются обычно из бетона марки М-150 или М-200, желателен с применением виброуплотнения. Мелкие лотки обычно делаются бетонными или кирпичными.

Каналы, прямки и колодцы перекрываются сборными железобетонными или стальными (из рифленой стали) плитками. Смотровые люки выполняются стальными или чугунными. Прямки для фильтров изнутри штукатурятся цементным раствором с железнением. Остальные колодцы, прямки и каналы затираются цементным раствором до вида штукатурки.

Все поверхности фундаментов, прямков и каналов, которые выступают над полом, рекомендуется штукатурить цементным раствором с последующим железнением. Под все железобетонные подземные сооружения обычно устраивается подготовка из бетона М-50.

Тоннели и каналы, выходящие из здания наружу, в местах под подстенными балками заделываются вокруг кирпичными стенками толщиной в один кирпич из кирпича марки 75 на растворе марки 4.

Внутренняя отделка помещений. Внутренние поверхности каменных стен и перегородок, если стены и перегородки не выполнены из отделанных блоков или плит, штукатурятся. Исключение составляют стены помещений трансформаторов и ремонтной мастерской, которые рекомендуется выполнять с подрезкой швов и окрашивать два раза известковой краской.

Поверхности железобетонных и бетонных перегородок и потолков рекомендуется затирать до вида штукатурки (в покрытиях со сборными железобетонными плитами затираются швы), затем потолок и стены за два раза окрашиваются известью, за исключением участков, оговоренных ниже.

По оштукатуренным поверхностям или по поверхностям, подготовленным под окраску другим способом, производится масляная окраска за два раза в светлые тона в следующих местах:

1) в машинном зале на участке размещения контакторных панелей на высоту контакторных панелей и в остальной части — на высоту 1,2 м;

2) в уборных — на высоту 1,2 м;

3) внутренних поверхностей камер фильтров для очистки воздуха, поступающего в компрессоры. Все металлические конструкции, расположенные в здании компрессорной, за исключением конструкций полов и закладных частей на участке заделки в бетон и клалку, окрашиваются масляной краской за два раза. Деревянные полы, запол-

нения оконных, дверных и воротных проемов также окрашиваются масляной краской за два раза.

Все поверхности железобетонных каналов и прямых изнутри затираются цементным раствором до вида штукатурки, за исключением особо оговоренных, которые железнятся.

Ф а с а д ы з д а н и й. При проектировании фасадов зданий необходимо использовать наиболее простые средства придания им архитектурной выразительности, избегая необоснованных излишеств. Для отделки фасадов рекомендуется использовать материал стен, оставляя их без штукатурки. Покрывать штукатуркой или устраивать из офактуренных блоков желательно только цоколи, фризы, карнизы, обрамление окон и дверей. Цоколи штукатурятся цементным раствором (например, с мелким набрызгом), остальные поверхности можно штукатурить сложным раствором. Штукатуренные поверхности рекомендуется окрашивать в контрастные к цвету стены тона.

3. ФУНДАМЕНТЫ ПОД КОМПРЕССОРЫ

Особенности проектирования и устройства фундаментов под машины вообще и под компрессоры в частности связаны с характером сил, возникающих при движении частей машин. Эти силы, быстро изменяющиеся по величине и направлению, вызывают вибрации фундаментов и сотрясения грунта, передающиеся окружающим строениям.

Вибрации фундаментов могут служить причиной преждевременного износа машин, снижения их производительности и расстройств узлов механизмов, оборудования или коммуникаций.

Вибрация может способствовать росту деформаций и осадок фундаментов машин и соседних сооружений, а также оказывать вредное физиологическое влияние на людей, повышая их утомляемость, если амплитуды колебаний превышают 0,2—0,4 мм.

Основным средством борьбы с вибрациями является правильное устройство фундаментов под машины. Спокойный, не вибрирующий фундамент можно получить при правильных соотношениях размеров подошвы и высоты.

Главными признаками строительной классификации машин следует считать интенсивность, вид и частотную характеристику динамического воздействия машины на фундамент [39].

По первому из указанных признаков машины делят на два следующих класса:

1) машины неспокойного действия, при работе которых возникают значительные силы инерции (их называют машинами с динамической нагрузкой);

2) машины спокойного действия, неуравновешенные силы инерции движущихся частей которых относительно невелики (по сравнению с весом машины).

При проектировании и устройстве фундаментов под машины первого класса учитываются специальные требования, обусловленные наличием динамических нагрузок. Проектирование и устройство фун-

даментов под машины второго класса производятся без учета динамических нагрузок.

По характеру динамического воздействия на фундамент машины первого класса можно разделить на две группы:

- 1) машины периодического действия (с установившимся движением);
- 2) машины непериодического действия (с неустановившимся движением).

Применяющиеся в настоящее время в нашей промышленности компрессоры относятся к первой группе. По виду главного движения эта группа делится на две подгруппы: машины с равномерным вращением движущихся частей, к которым относятся в частности турбокомпрессоры и машины с равномерным вращением и связанным с ним возвратно-поступательным движением. К ним относятся поршневые компрессоры.

Машины с равномерным вращением движущихся частей (роторов) теоретически полностью уравновешены. Однако вследствие неполного совпадения центра тяжести вращающихся частей с геометрической осью вращения практически при работе таких машин возникают неуравновешенные центробежные силы инерции, передающиеся на фундамент. При высоких числах оборотов указанные силы довольно значительны. Так как эти силы не поддаются точному определению, то для расчета фундаментов их задают приближенно.

При разделении машин первой группы по характеристике частотного режима следует иметь в виду, что частоты основных форм собственных колебаний фундаментов под машины колеблются в среднем примерно от 400 до 800 *кол/мин*. В соответствии с этим машины можно подразделять на низкочастотные, имеющие до 500—600 *об/мин*, и высокочастотные — с большим числом оборотов. Поршневые компрессоры относятся к числу низкочастотных, а турбокомпрессоры — к числу высокочастотных машин.

По конструкции фундаменты машин с динамическими нагрузками делятся на массивные и рамные (с нежестким верхним строением).

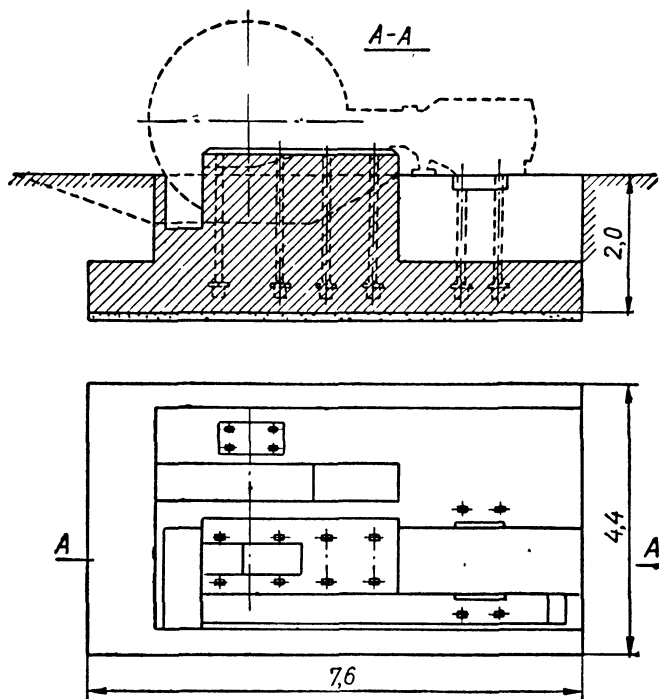
Массивные фундаменты являются наиболее распространенными. В частности, только массивными устраиваются фундаменты под поршневые компрессоры. Такие же фундаменты часто применяются и для турбокомпрессоров. Массивные фундаменты представляют собой сплошные блоки или плиты с выемками, шахтами и отверстиями для размещения и крепления частей установки, а также для ее обслуживания. Эти фундаменты могут устраиваться без подвала или с подвалом, в зависимости от особенностей компоновки машинных установок.

В фундаментах бесподвального типа отсутствует развитие надземной части. Применяются также фундаменты для машин, устанавливаемых на уровне самого нижнего этажа зданий.

Фундаменты подвального типа имеют развитую надземную часть, высота которой обычно соответствует высоте нижнего этажа; они подразделяются на фундаменты с массивной верхней частью и стенчатые с верхним строением, образованным продольными или

поперечными стенами. Особенностью массивных фундаментов всех типов является большая жесткость, которая позволяет рассматривать их как твердые тела, пренебрегая в расчетах их деформациями.

На фиг. 96 показан массивный фундамент бесподвального типа под горизонтальный одноцилиндровый поршневой компрессор. Фундамент представляет собой бетонный блок сложной формы. Крепление машины к фундаменту производится с помощью анкерных болтов, закладываемых в специальные шахты.



Фиг. 96. Массивный фундамент бесподвального типа под горизонтальный поршневой компрессор.

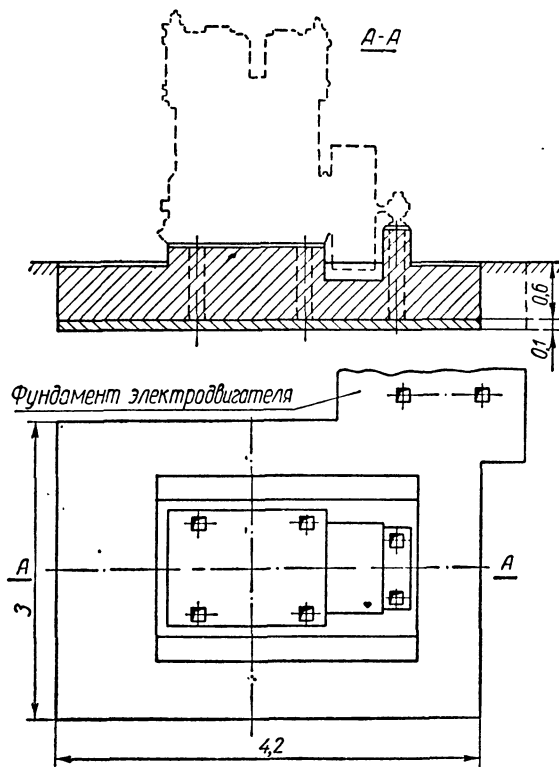
Фундамент бесподвального типа под вертикальный двухцилиндровый компрессор, представленный на фиг. 97, отличается по конструкции от описанного выше. Отсутствие глубоких выемок и отверстий в верхней части позволяет устроить его в виде плиты, толщина которой составляет всего 0,6 м.

На фиг. 98 представлены конструкции стенчатых фундаментов подвального типа, основными несущими элементами которых являются мощные продольные или поперечные по отношению к оси установки стены, опирающиеся на нижнюю плиту.

В практике строительства наиболее часто применяются стенчатые фундаменты с продольным расположением несущих стен. Иногда

оказывается целесообразным устанавливать по несколько машин на одном общем фундаменте.

Для возведения массивных фундаментов под машины применяется почти исключительно армированный бетон. Для фундаментов небольших размеров, выполняемых в виде сплошных блоков, допускается применение неармированного бетона или бутобетона, а в отдельных случаях — кирпичная кладка на цементном растворе.

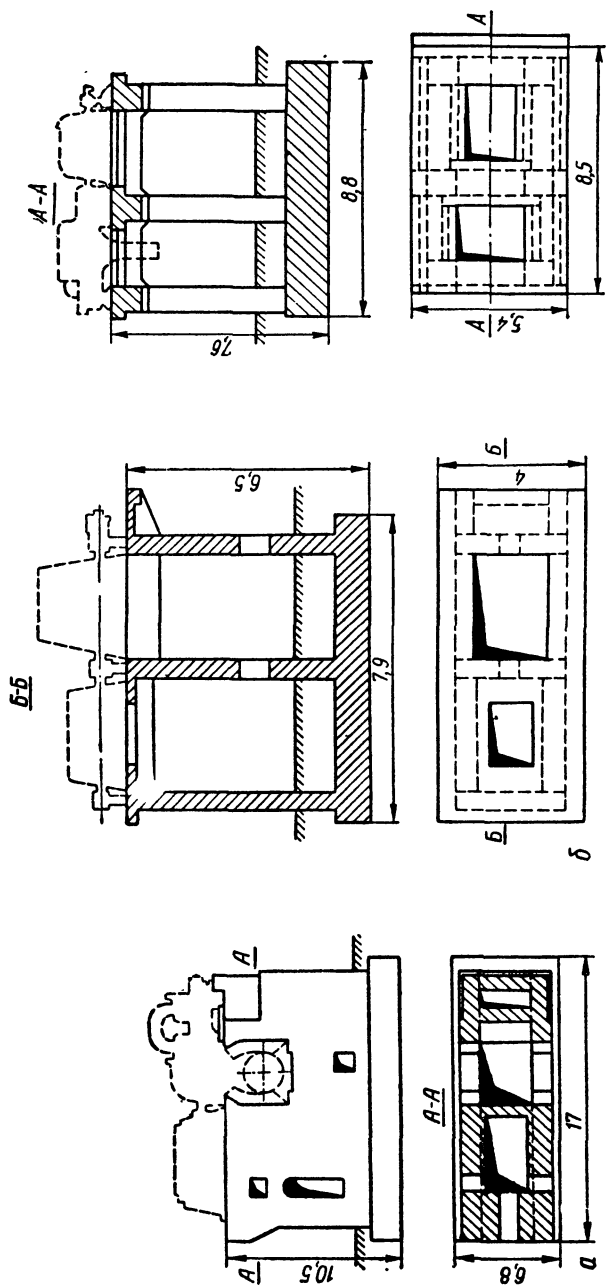


Фиг. 97. Массивный фундамент бесподвального типа под вертикальный поршневой компрессор.

Конструктивные формы рамных фундаментов, относящихся почти исключительно к подвальному типу, весьма разнообразны.

Особенностью рамных фундаментов является наличие несущей машину пространственной многостоечной жесткой рамы, заделанной стойками в мощную опорную плиту. Горизонтальные элементы рамы образуют площадку, предназначенную для установки и обслуживания машины. Фундаменты рамного типа применяются обычно для установки турбокомпрессоров.

На фиг. 99 показан общий вид рамного фундамента под агрегат небольшой мощности. Он состоит из трех поперечных П-образных



Фиг. 98. Стенчатые фундаменты подвального типа:
 а—с продольными стенками; б—с поперечными стенками.

Фиг. 99. Рамный фундамент
 под турбоагрегат.

рам, ригели которых поддерживают подшипники агрегата; поперечные рамы связаны между собой в узлах продольными ригелями. Стойки рам жестко заземлены в общей фундаментной плите.

Для возведения рамных фундаментов применяется преимущественно железобетон.

Бывает целесообразным применение фундаментов с верхним строением смешанной конструкции — стальными стойками и железобетонными (с жесткой арматурой) ригелями, поддерживающими машину.

Фундамент под машину должен служить основанием, обеспечивающим возможность нормальной эксплуатации машины и не вызывать помех в эксплуатации окружающих объектов. Для этого необходимо, чтобы конструкция фундамента, обеспечивая удобное размещение и надежное крепление машины, удовлетворяла требованиям прочности, устойчивости, выносливости, отсутствия чрезмерных осадок, деформаций и сильных вибраций.

При проектировании фундаментов необходимо удовлетворять указанным требованиям с соблюдением максимальной экономии материальных средств.

По условиям размещения машины фундаменты получают такие размеры, при которых статическое давление на основание оказывается незначительным — порядка 0,2—0,6 кг/см² под фундаменты бесподвального типа и 1—2 кг/см² — подвального типа. Вследствие этого по условиям прочности почти всякий грунт может служить надежным естественным основанием для фундаментов машин.

Компактность фундаментов машин практически обеспечивает равномерные осадки основания.

Конструктивная высота фундаментов, необходимая по условиям размещения и крепления машины, получается такой, что фундаменты легко выдерживают нагрузки, передающиеся машинами, даже без наличия арматуры. Указанные обстоятельства позволяют производить расчет фундаментов машин на прочность и устойчивость по общим правилам строительной механики, причем неуравновешенные силы инерции машин умножаются на коэффициенты усталости, динамичности и перегрузки и в необходимых случаях вводятся в расчет как временные статические нагрузки, а расчетные характеристики материалов, применяемых для устройства фундаментов, назначаются в соответствии с действующими нормами.

Проверка прочности основания производится по формулам центрального или внецентренного сжатия, допускаемое давление (p) при этом принимается равным

$$p = \alpha P_{cm},$$

где P_{cm} — допускаемое давление, принимаемое при проектировании естественных оснований промышленных и гражданских зданий;

α — коэффициент уменьшения, зависящий от вида динамического воздействия на фундамент.

Определения осадок фундаментов под машины обычно не производят.

Условия, исключаяющие возникновение сильных вибраций фундаментов машин, осуществляются путем придания фундаменту таких размеров, при которых амплитуды его колебаний не превышают предельных величин, установленных из опыта эксплуатации машин. Когда возникают опасения, что работа машины может вредно отразиться на расположенных по соседству чувствительных к сотрясениям объектах, то осуществляются фундаменты с амортизационными или изолирующими от вибрации устройствами.

В соответствии с СН 18-58 расчетные значения амплитуд вибраций фундаментов низкочастотных машин (поршневых компрессоров) не должны превышать 0,2 мм, а высокочастотных турбокомпрессоров — 0,06—0,1 мм при частоте 1500 колебаний в минуту и 0,02—0,05 мм при 3000 колебаний в минуту.

О. А. Савинов [39] отмечает, что нормы на предельные величины допускаемых амплитуд следует устанавливать не только в зависимости от частоты, но и от некоторых других факторов. В частности, от направления вибраций (вертикальных и горизонтальных, что обуславливается различным действием их как на фундаменты и сооружения (жесткость которых в разных направлениях различна), так и на обслуживающих машины людей; рекомендуемые с учетом этого значения допускаемых амплитуд колебаний фундаментов под машины с установившимся движением (табл. 46) относятся к колебаниям

Таблица 46

Предельные допускаемые величины амплитуд колебаний фундаментов под машины с установившимся движением [39]

Вид колебаний	Амплитуда колебаний в миллиметрах							
	при частоте колебаний в минуту							
	до 500	500	750	1000	1500	3000	5000	10000
Вертикальные	0,15	0,12	0,09	0,075	0,06	0,03	0,015	0,005
Горизонтальные	0,20	0,16	0,13	0,11	0,09	0,05	0,020	0,0075

верхней части фундаментов, на уровне подошвы станины машины. Значения допускаемых амплитуд, соответствующих частотам, отличным от указанных в таблице, могут приниматься по интерполяции.

Расчет фундаментов под машины на колебания в общем виде производится по формуле

$$A_d \leq A,$$

где A_d — наибольшая ожидаемая величина амплитуды колебаний верхнего обреза фундамента, определяемая расчетом фундамента на колебания;

A — предельная допускаемая величина амплитуды, назначаемая в каждом случае по указаниям, приведенным выше.

Выбор основных размеров фундаментов под машины производится следующим образом.

Устанавливаются минимальная высота фундамента по заданным условиям размещения и крепления машины и глубина заложения, выбирается тип основания с учетом грунтовых условий и предварительно намечаются размеры подошвы фундамента. При установке машин на открытом воздухе или в неотопляемых помещениях глубина заложения фундаментов должна назначаться с учетом промерзания грунта. Затем соответствующим расчетом производится проверка правильности и уточнение размеров подошвы.

Разработка конструкции фундамента выполняется по специальному заданию, которое должно содержать следующее [39]:

1) общую характеристику — наименование, вид, основные параметры и марку машины;

2) сведения об условиях размещения и крепления машины, вспомогательного оборудования и коммуникаций;

3) схему расположения и величины всех статических нагрузок, передающихся на фундамент;

4) сведения, необходимые для определения величины, направления и координат точек приложения динамических нагрузок.

Данные, характеризующие местные условия объекта, на котором намечается установка машины:

1) сведения о геологическом строении и гидрогеологических условиях строительной площадки, а также о составе и свойствах слагающих ее грунтов,

2) схема расположения машины в здании с указанием видов и привязкой соседних машин, оборудования и коммуникаций;

3) специальные сведения о наличии по соседству чувствительных к сотрясениям объектов.

Основные условия для определения минимальной высоты фундаментов задаются заводами-изготовителями машин в виде габаритных чертежей верхнего строения фундаментов. Заводы-изготовители часто указывают также на своих чертежах глубину заложения, а иногда и тип конструкции нижней части фундамента (с этим проектировщик считаться не обязан).

На основании указанных габаритных чертежей назначается минимальная высота фундамента, при которой обеспечивается защита анкерных болтов или закладных частей от соприкосновения с грунтом и минимально необходимая по условиям прочности толщина опорной плиты или днищ отдельных приемков.

Достаточно, чтобы головки анкерных болтов были защищены слоем бетона толщиной 10—15 см. При наличии бетонной подготовки под фундаментом при толщине ее не менее 15—20 см она может служить защитным слоем для головок болтов.

Минимальная толщина бетонных (неармированных) консольных выступов фундаментов под компрессоры назначается приблизительно равной длине наибольшего выступа в плане, а армированных — 0,8 этой длины. Толщину днищ отдельных приемков не следует назна-

часть больше $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{5}$ наименьшего размера приямка в плане, если это не требуется по условиям размещения анкерных болтов, закладных частей и пр.

В тех случаях, когда к фундаменту примыкают каналы или приямки, их глубина и расположение по отношению к фундаменту учитываются при назначении высоты фундамента и в зависимости от его типа. Например, глубина заложения фундаментов его подвального типа под компрессоры может приниматься равной глубине заложения каналов и приямков независимо от их размеров и планового расположения.

Так же можно поступать и при проектировании фундаментов подвального типа, если каналы и приямки примыкают к фундаментной плите на небольшой части ее периметра; в противном случае необходимо опускать подошву фундамента не менее чем на 0,3—0,5 м по отношению к глубине заложения каналов.

Машиностроительные заводы часто задают чрезмерно длинные анкерные болты для крепления машин. Для армированных бетонных фундаментов длина анкерных болтов может ограничиваться 1—1,5 м. Технические условия [23] допускают, по согласованию с технологами; укорачивать анкерные болты против задания завода-изготовителя, назначая их длину из условия равнопрочности болта и его заделки в бетон; изменять расположение коммуникаций машинной установки, если это расположение вызывает необходимость конструктивного увеличения высоты фундамента.

Для назначения минимальной глубины заделки анкерных болтов пользуются следующими соображениями: анкерные болты подразделяют на заделываемые в кладку фундаментов наглухо и съемные. Болты первого типа снабжаются снизу крючками или специальными головками. При установке небольших машин закладку болтов можно производить при изготовлении фундаментов; в более ответственных случаях они закладываются при монтаже машин в специальные шахты с последующей заливкой цементным раствором.

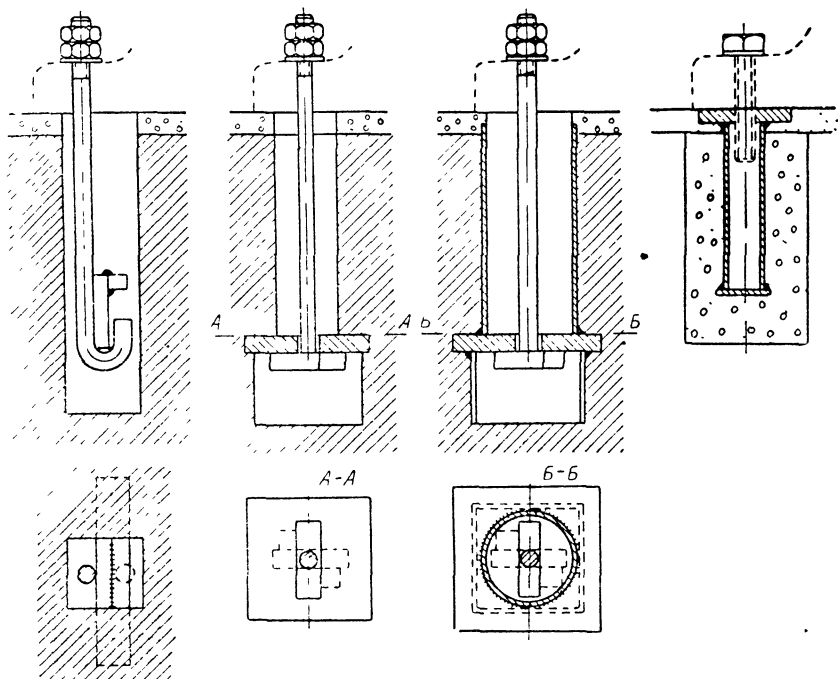
В последнее время находит применение комбинированная закладка анкерных болтов, а именно, анкерные болты диаметром до 30—40 мм заделываются в фундамент наглухо при бетонировании только на часть длины. Верхняя же часть анкерного болта оставляется в шахте, которая после установки машины заливается цементным раствором. Такая конструкция обеспечивает хорошую заделку болтов в массив фундамента и позволяет несколько перемещать верхнюю часть болтов при установке машины для совпадения их с отверстиями в станине, что весьма удобно для монтажа. Естественно, что такая конструкция анкерных болтов может применяться только в том случае, когда она сама по себе не вызывает необходимости увеличения высоты фундамента.

Удобными для монтажа являются конструкции, позволяющие закреплять болты до заливки (фиг. 100).

Анкерные болты могут вставляться или выниматься с помощью поворота их вокруг собственной оси на 90°.

По условию равнопрочности на разрыв и на выдергивание достаточно, чтобы болт был заделан в бетон на 15—20 диаметров.

Более короткими можно устраивать съемные болты с анкерными плитками или стержнями, так как надежность заделки их зависит от прочности бетона на смятие (под плитой) и на непосредственный срез, а также от прочности самой анкерной плитки или анкерного стержня.



Фиг. 100 Конструкции съемных болтов.

При назначении глубины заделки анкерных болтов можно пользоваться табл. 47; при этом не следует стремиться к предельному

Таблица 47

Минимальная глубина заделки анкерных болтов в бетон марки 90 [39]

Диаметр болта, мм	Глубина заделки l_a , см	
	Глухие болты с крюком на конце	Съемные болты с анкерными плитками (при $s > 20 d$)
До 20	40	40
24—30	50	40
32—36	60	40
40—50	70—80	50
55—60	—	60
65—70	—	70
75—80	—	80
85—90	—	90

уменьшению длины анкерных болтов, когда это не вызывает излишнего углубления фундамента.

Установив минимальную высоту фундамента, определяют глубину заложения, размеры подошвы и тип основания фундамента.

В том случае, когда надежные в качестве основания грунты залегают близко к поверхности земли, глубина заложения фундаментов бесподвального типа принимается равной минимальной высоте подземной части, определенной как это указывалось ранее. Глубину заложения фундаментов подвального типа следует назначать не менее $\frac{1}{4}$ высоты его надземной части и во всяком случае не менее 1 м.

При предварительном назначении размеров подошвы фундамента необходимо также учитывать следующее. Нужно всегда стремиться к тому, чтобы общий центр тяжести фундамента и машины, а также центр тяжести площадки подошвы находились на одной вертикали. По СН18-58 расчетное значение эксцентриситета при возведении фундаментов на слабых грунтах (с основным допускаемым давлением $P_{ст} \leq 1,5 \text{ кг/см}^2$) должно быть не более 3%, а в остальных случаях — не более 5% от размера той стороны подошвы, параллельно которой происходит смещение центра тяжести.

При назначении размеров подошвы следует считаться также с расположением проектируемого фундамента по отношению к смежным фундаментам здания и оборудования. В обычных случаях их рекомендуется отделять, особенно фундаменты поршневых компрессоров, которые должны быть отделены от смежных фундаментов здания зазором не менее 0,3 м и не должны соприкасаться с надземными конструкциями.

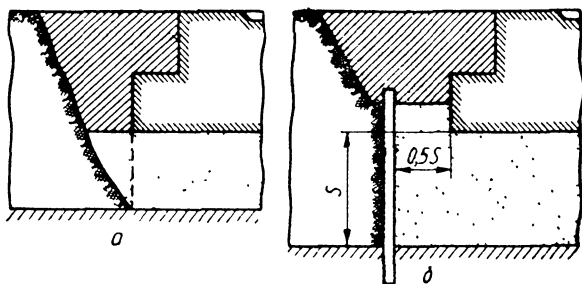
Фундаменты компрессоров других видов можно соединять с фундаментами и конструкциями зданий, если такое соединение является целесообразным и выполнено с учетом особенностей динамического действия машины. Так, например, при необходимости всегда можно опирать стойки, поддерживающие перекрытия над подвалом, на фундаменты турбокомпрессоров подвального типа. В наиболее ответственных случаях целесообразно под башмаки стоек подкладывать слой войлока толщиной 1,5—2 см, пропитанного антисептиком.

В крупных зданиях с жестким железобетонным каркасом и развитыми фундаментами с последними иногда можно связывать даже очень неуравновешенные машины.

Технические условия допускают установку рядом нескольких одинаковых неуравновешенных машин на одном общем фундаменте, не ограничивая расстояния между ними. Наиболее полезным является устройство такого фундамента для поршневых компрессоров, при работе которых возникают преимущественно горизонтальные силы инерции. Установка на общем фундаменте вертикальных машин дает меньший эффект, так как при этом общий фундамент перестает работать как абсолютно жесткое тело.

Определив размеры подошвы фундамента с учетом приведенных выше указаний, проверяют их правильность расчетом фундамента на колебания и в случае необходимости уточняют. Если под подошвой

фундамента залегают грунты, которые не могут являться надежным естественным основанием проектируемого фундамента, то в зависимости от мощности слоя слабого грунта фундамент устанавливается на подушку из песка, щебня, гравия или применяется искусственное укрепление основания. Предпочтение отдается варианту, обладающему



Фиг. 101. Фундаменты на насыпных подушках.

более высокими технико-экономическими показателями. В тех случаях, когда заменяется слой относительно малосжимаемого, но неоднородного грунта, размеры подушки в плане могут быть приняты равными размерам подошвы фундамента (фиг. 101, а). Если же производится замена слабого, сильно сжимаемого грунта (ила, торфа и др.), то размеры подушки устанавливаются в соответствии со схемой (фиг. 101, б). Определение размеров подошвы фундаментов при этом производится так же, как и при основаниях из прочных грунтов.

Конструктивные особенности фундаментов компрессоров позволяют использовать насыпные грунты в качестве основания. Однако это обстоятельство не может быть полностью отнесено к фундаментам подвального типа, устраиваемым обычно под ответственные агрегаты, а также к фундаментам бесподвального типа при мощности машин более 1000 квт.

Для оценки пригодности насыпных грунтов как оснований фундаментов машин могут служить данные, приведенные в табл. 48. При

Таблица 48

Краткая характеристика насыпных грунтов [39]

Виды насыпей	Наименование грунтов	Минимальный возраст в год	Допускаемое давление, кг/см ²
Существующие насыпи-отвалы	Гравий, щебень кирпичный и твердых пород, галька, песок, крупно- и среднезернистый	Не ограничивается	1,0—1,5
То же	Песок мелкозернистый строительный мусор без органических включений, шлак	1	0,75

Виды насыпей	Наименование грунтов	Минимальный возраст в год	Допускаемое давление кг/см^2
Существующие насыпные отвалы	Песок тонкозернистый или пылеватый: влажный насыщенный водой	3	0,5
		2	
То же	Супеси, суглинки и глины: твердые пластичные	5	1,0
		3	0,75
Качественные насыпи	Щебень, гравий, галька песок крупно- и среднезернистый	Не ограничивается	По прочности подстилающего слоя, но не более 2,0
То же	Песок мелкозернистый Глинистые грунты	То же	1,5
		»	1,0

глубине заложения фундамента более 1 м допускаемое давление P можно повышать на $0,2 \text{ кг/см}^2$ на каждый метр последующего заглубления. Значения P даны с учетом динамического воздействия нагрузок и используются в расчетах без снижения.

Значения коэффициентов упругого сжатия и сдвига основания принимаются в соответствии с указаниями, приведенными выше.

Недопустимо использовать в качестве оснований фундаментов машины: насыпи с большим содержанием сильно сжимаемых веществ (торф, опилки, стружки, мусор и т. п.), насыпи из разжиженных глинистых грунтов и насыпи, не достигшие возраста, указанного в табл. 53.

Для решения вопроса об использовании насыпных грунтов в качестве основания фундаментов машин необходимо располагать сведениями о строении, возрасте и происхождении насыпного слоя, а также о составе и условиях распространения слагающих его грунтов. Непригодные грунты могут заменяться качественной насыпью (подушкой из песка, щебня, шлака и т. п.).

Укладка подсыпки должна производиться горизонтальными слоями толщиной 15 см с трамбованием. Песчаные подушки под фундаменты можно укладывать слоями 20—25 см с обильной поливкой водой каждого слоя; верхние 3—4 слоя, кроме того, должны трамбоваться. Подушки из щебня, гравия или шлака укладываются слоями по 30—40 см с трамбованием. Устройство подушек под фундаменты из связных грунтов (супесей, суглинков) не рекомендуется. В случае их применения укладка должна производиться слоями 15—20 см с механическим трамбованием.

Все указания, относящиеся к проверке пригодности насыпных грунтов и устройству на них фундаментов, должны помещаться на рабочих чертежах фундаментов.

Рамные фундаменты обладают по сравнению с фундаментами подвального типа других видов (массивными и стенчатыми) рядом

преимуществ. Габариты рамного фундамента позволяют наиболее удобным образом разместить части агрегата и вспомогательное оборудование.

Облегчается доступ ко всем частям установки. По сравнению с массивными и стенчатыми рамные фундаменты являются наиболее экономичными. Для турбокомпрессоров применяются исключительно фундаменты рамного типа.

При проектировании рамных фундаментов под турбокомпрессоры руководствуются следующими указаниями.

При выборе размеров верхней горизонтальной рамы (плиты) нужно стремиться к наибольшему (возможному при заданных габаритах) увеличению ее массы за счет увеличения размеров ее элементов.

Ригелям поперечных рам, несущим подшипники машины, следует придавать как можно большую жесткость при изгибе в вертикальной плоскости.

Стойки рам верхнего строения не должны иметь больших поперечных размеров, превышающих требуемые по расчету на прочность. Назначение размеров элементов верхнего строения рамных фундаментов должно производиться с учетом технологического задания на проектирование. Всякие отступления от задания необходимо согласовывать с заводом-изготовителем или организацией, выдавшей это задание. Заводы-изготовители часто задают размеры элементов фундаментов исходя только из требований размещения машины, вспомогательного оборудования и коммуникаций, причем конструкции фундамента часто имеют сложную конфигурацию.

Следует приводить размеры в соответствие с расчетом и упрощать конфигурацию элементов. Глубина заложения фундаментов под турбокомпрессоры назначается в соответствии с общими указаниями, приведенными ранее. Размеры нижней плиты следует принимать минимальными, удовлетворяющими условиям размещения стоек рам верхнего строения, а также требованиям расчета прочности основания и самой плиты. При этом необходимо стремиться к тому, чтобы равнодействующая всех постоянных нагрузок проходила через центр тяжести площади подошвы. Эксцентриситет равнодействующей при наиболее благоприятных грунтовых условиях не должен превосходить 3% от размера соответствующей стороны подошвы. Толщина нижней плиты определяется расчетом прочности. Можно применять ребристые или грибовидные конструкции плиты. При этом рекомендуется высоту ребер или сечения плиты у стоек назначать не менее рабочей высоты сечения стоек рам фундамента и не менее 0,8 м.

В фундаментах с металлическим верхним строением целесообразно элементы верхней горизонтальной рамы обетонировать (обеспечивая надежное сцепление бетона с металлом и приближая конструкцию к железобетонной с жесткой арматурой).

Металлические стойки поперечных рам верхнего строения следует оставлять по высоте свободными, ограничиваясь присоединением лишь элементов, необходимых для крепления частей оборудования и коммуникаций.

Фундамент желательно устраивать симметричным (в отношении геометрической схемы всего фундамента, конфигурации и армирования отдельных конструктивных элементов) относительно вертикальной плоскости, совпадающей с осью вала машины. Сечениям отдельных конструктивных элементов следует по возможности придавать простую (прямоугольную или тавровую) форму. В местах примыкания балок и ригелей к стойкам полезно устройство вутов. Оси ригелей и стоек каждой из поперечных рам должны по возможности находиться в одной вертикальной плоскости. Не следует допускать значительных эксцентричных нагрузок на балки и ригели верхней рамы во избежание скручивающих усилий.

Размеры консольных частей верхней рамы или плиты должны соответствовать требованиям, приведенным в табл. 49.

Таблица 49

Предельные размеры консольных частей рамных фундаментов под турбокомпрессоры [39]

Наименование элементов	Предельные размеры, м	
	Высота сечения	Длина пролета или вылета (для консоли)
Плиты	$h_n \geq 0,2$	$l_n \leq 1,2$
Второстепенные и бортовые балки	$h_b \geq 0,4$	$l_b \leq 4$
Консоли	$H \geq 0,75L$	$L \leq 1,5$

При размещении рамных фундаментов под турбокомпрессоры в зданиях верхнюю часть фундаментов в обычных условиях следует отделять от перекрытий над подвалом по всему периметру. В виде исключения допускается опирание на рамные фундаменты вкладных перекрытий, заполняющих участки между местами установки смежных машин.

При возведении рядом нескольких рамных фундаментов на мало-сжимаемых грунтах бывает целесообразно объединить в одно целое верхние плиты фундаментов путем жесткого соединения их с вкладными участками перекрытия, отделенными от остальных конструкций здания. Нижнюю плиту следует отделить зазором от смежных фундаментов здания и оборудования. Величина этого зазора не ограничивается. В необходимых случаях на эту плиту можно устанавливать стойки перекрытия.

Имеются случаи возведения на слабых водонасыщенных грунтах фундаментов под турбокомпрессоры на одной общей плите с конструкциями здания машинного зала.

Конструирование рамных фундаментов. Для устройства железобетонных рамных фундаментов рекомендуется применять бетон марки не ниже 150. Для массивных нижних плит фундаментов можно применять бетон марки 100. Верхнее строение металлических фундаментов выполняется обычно из стали марки Ст. 3.

Конструирование элементов рамных фундаментов производится в соответствии с указаниями действующих норм и технических условий проектирования железобетонных и стальных конструкций, с учетом следующих специальных требований.

Стойки, балки и ригели у входящих углов необходимо армировать по типу жестких узлов рамных конструкций, а также по контуру крупных отверстий. Окаймляющая последние арматура должна заходить в толщу бетона не менее чем на длину, равную 40 диаметрам стержней. В массивных элементах фундамента, кроме расчетной, необходимо укладывать противоусадочную арматуру в виде пространственной сетки из стержней диаметром 12—16 мм с шагом в каждом из трех направлений 0,6—1 м. У наружных граней массивных элементов, в местах, где по расчету арматуры не требуется, должны устанавливаться сетки из стержней диаметром 12—20 мм с шагом не менее 0,3 м. Все элементы верхнего строения должны иметь по контуру замкнутую арматуру — хомуты или заменяющие их стержни и шпильки. Все стержни арматуры как растянутые, так и сжатые должны иметь крючки.

Во всех горизонтальных элементах верхнего строения рамного фундамента, работающих на изгиб, устанавливается двойная арматура, а стойки армируются симметричной арматурой. По боковым граням ригелей поперечных рам и продольных балок, включая крайние обвязочные балки консольных площадок, следует устанавливать для восприятия горизонтальных усилий от действия динамических нагрузок и особенно от влияния температуры дополнительную арматуру из стержней диаметром 16 мм через 150—200 мм по высоте балки.

Для обеспечения надежной связи стоек рам верхнего строения с нижней плитой арматуру стоек при толщине нижней плиты до 1200 мм необходимо доводить до низа плиты, а при толщине плиты более 1200 мм — доводить до низа последней не менее 50% этой арматуры, обрывая остальные стержни на половине расстояния от верхнего обреза плиты до ее подошвы.

Для возведения рамных фундаментов целесообразно применять несущие армокаркасы, особенно в виде легких решетчатых ферм из уголков в сочетании с гибкой арматурой.

Возможно также применение арматурно-опалубочных блоков, если фундамент разбивается на ряд элементов, арматура и опалубка которых заготавливается в стороне, в виде жестких пространственных конструкций, подаваемых на место в готовом виде.

Конструирование рамных фундаментов с металлическим верхним строением, которое может быть устроено сварным или клепаным, производится с соблюдением указаний действующих норм и технических условий проектирования металлических конструкций, с учетом специальных требований к выбору размеров элементов верхнего строения, приведенных ранее.

Установка компрессоров на фундаментах. В практике существует несколько способов установки машин на фундамент: установка фундаментных рам непосредственно на бетон фундамента, на металличе-

ский каркас, заложённый в тело фундамента, и на металлические плиты, заложённые на верхней опорной поверхности фундамента.

При любых способах установки фундаментных рам на фундамент выверка опорных частей машин достигается соответствующей подгонкой толщин металлических прокладок.

В случае монтажа на бетонном фундаменте без металлического каркаса рамы устанавливаются на двойных клиньях. Нижний клин рекомендуется опирать на строганные металлические плитки, заложённые на поверхность фундамента при его бетонировке или после — на цементном растворе.

Плитки устанавливаются в местах больших нагрузок и обязательно с обеих сторон фундаментных анкерных болтов.

Выверка рамы по высоте выполняется передвижением верхнего клина. Подкладывать под раму металлические планки стопками не разрешается.

После окончательной выверки основных частей агрегата для предупреждения сдвига обе клиновые прокладки прихватываются в нескольких точках электросваркой. Необходимо следить за выполнением максимально коротких прихваток, так как чрезмерный нагрев может вызвать перекося прокладок и нарушение взаимного положения роторов агрегата, т. е. нарушить центровку агрегата.

Одним из наиболее совершенных способов установки турбокомпрессоров на фундамент служит установка плит машины на металлический каркас, заложённый в монолит фундамента и состоящий из двух взаимно перпендикулярных рядов двутавровых балок № 20.

Нагрузка машин передается через фундаментные плиты на проходящие под плитами балки, которые располагаются под статором электродвигателя, опорами подшипников, внутренними ребрами плиты редуктора и обязательно проходят вблизи фундаментных болтов, а у наиболее тяжелой части машины, например опор корпуса турбокомпрессора, по обеим сторонам болта.

Балки каркаса укладываются во время армирования фундамента и выверяются по чистой, простроганной верхней поверхности простым деревянным уровнем. При этом учитывается разница отметок балок под плиты турбокомпрессора, редуктора и электродвигателя. Эту разницу в уровнях необходимо выдержать с точностью 1,5 мм, так как между балками и фундаментными плитами турбокомпрессора ставятся прокладки одинаковой толщины — 25 мм. Несоблюдение отметок влечет за собой необходимость изготовления специальных прокладок.

4. ОТОПЛЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ

Отопление помещений компрессорных станций должно быть центральное водяное.

Внутренние расчетные температуры помещений компрессорных станций, а также коэффициенты термического сопротивления теплопередачи ограждающих конструкций определяются в соответствии с указаниями «Строительных норм и правил» (СНиП).

Дежурное отопление производственных помещений на время перерывов в работе должно рассчитываться на поддержание температуры 5°.

При расчете тепловой нагрузки на отопительные устройства производственных помещений необходимо учитывать теплопоглощение холодными трубопроводами и оборудованием, а также тепловыделения от машин и аппаратов.

В основных производственных и подсобно-производственных помещениях компрессорных станций в качестве нагревательных приборов отопления применяются ребристые трубы, а в бытовых помещениях — радиаторы.

Вентиляция помещений компрессорных станций должна удовлетворять требованиям Н 101-54.

Вентиляция в машинном зале рассчитывается с учетом локализации теплоизбытков и осуществляется обычно естественным путем с притоком воздуха через окна и вытяжкой через шахты с регулирующими приборами. В машинных залах с большим количеством тепловыделений применяется вытяжная вентиляция с механическим побуждением.

Удаление загрязненного воздуха осуществляется из верхней зоны при помощи осевых вентиляторов типа МЦ, заключаемых в алюминиевые кожухи. Вентиляторы монтируются на одной оси с электродвигателями.

Вытяжная вентиляция с естественным побуждением должна предусматриваться из душевой и уборной.

Из компрессорной станции удаление загрязненного воздуха часто осуществляется с механическим побуждением посредством вентиляторов и вытяжных шахт, заканчивающихся дефлекторами; в холодное время года вентиляторы могут выключаться и вытяжка воздуха может осуществляться естественным путем.

Глава X

ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ СРЕДСТВА, ПРИМЕНЯЮЩИЕСЯ В КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЯХ

1. НАЗНАЧЕНИЕ И ВЫБОР ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ СРЕДСТВ

При строительстве и эксплуатации компрессорных станций выполняются монтажные и ремонтные работы, связанные с передвижением тяжелых узлов и деталей оборудования. Для перемещения грузов в машинных залах и других помещениях компрессорных станций должны устанавливаться грузоподъемные устройства. Если подъем и перемещение грузов не являются частыми и не требуют особой быстроты, то следует применять ручные краны грузоподъемностью до 10 т. Грузоподъемность крана выбирают в зависимости от веса самой тяжелой детали, которую нужно перемещать не при однократном монтаже, а при ремонтах. Желательно применять при весе

перемещаемого груза до 0,5 т — переносные треноги или подвижные и неподвижные балки с кошками; от 0,5 до 2 т — подвижные и неподвижные балки с кошками; более 2 т — мостовые краны с ручным управлением.

В компрессорной станции, оборудованной компрессорами производительностью до 10 м³/мин, нужно применять таль с кошкой, перемещающейся по монорельсу, или переносные треноги.

Для компрессорных станций, оборудованных компрессорами единичной производительностью 10, 15 и 20 м³/мин, можно ограничиваться установкой монорельсов, проложенных вдоль помещения машинного зала, и пользоваться только переносной кошкой, но лучше устанавливать подвижную кранбалку.

При установке в компрессорной станции более трех компрессоров, каждый из которых производительностью более 20 м³/мин, необходимо предусматривать установку мостового крана.

В машинных залах, в которых установлены поршневые компрессоры, рекомендуется применять грузоподъемные устройства, предельные характеристики которых указаны в табл. 50.

Таблица 50

Предельные характеристики ручных грузоподъемных кранов, применяющихся в машинных залах компрессорных станций

Марка компрессора	Наибольшая грузоподъемность крана, т	Наибольший пролет крана, м
200В-10/8	1	4,5
160В-20/8	3	7,5
ВЗСО-2к	3	10,5
2ВГ (55В)	10	13,5

Не следует устанавливать мостовые краны там, где можно обойтись другими грузоподъемными устройствами, так как мостовые краны требуют большой высоты здания, утяжеляют несущие конструкции стен и требуют лишних средств на установку грузоподъемного крана, коэффициент использования которого очень мал.

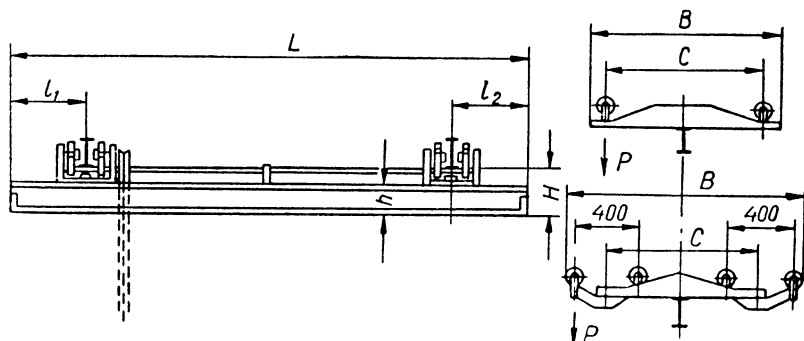
Выбор типа крана производят не только по грузоподъемности и конструктивным признакам, но и в зависимости от пролета крана. Пролетом крана L_k называется расстояние между вертикальными осями подкрановых рельсов, которое выбирается в зависимости от пролета здания. Под пролетом здания L понимается расстояние между разбивочными осями колонн.

Согласно ГОСТу 534-59 пролеты мостовых кранов грузоподъемностью до 50 т включительно принимаются в зависимости от пролетов зданий (табл. 51).

**Зависимость пролетов кранов грузоподъемностью до 50 т включительно
от пролетов зданий**

Пролет здания L , м	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36
Пролет кранов группы I при отсутствии проходов вдоль подкрановых путей L_k , м	4,5	7,5	10,5	13,5	16,5	19,5	22,5	25,5	28,5	31,5	34,5

Для ручных подвесных кран-балок, изготавливаемых в соответствии с ГОСТом 7413-55 (фиг. 102), в проектной документации указываются полная длина несущей балки и длина каждой консоли. Во избежание путаницы при заказе крана следует иметь в виду, что заводы применяют для подвесных кранов также термин «пролет крана», однако в этом случае пролет крана равен полной длине несущей балки за вычетом размера консолей.



Фиг. 102 Кранбалка подвесная ручная по ГОСТу 7413—55.

При установке в машинном зале монорельса поперечный размер (пролет) машинного зала принимается «в чистоте», т. е. между стенами; при установке мостового крана грузоподъемностью 5 т пролет машинного зала принимается «в осях» стен. При установке в машинном зале двухбалочного мостового крана грузоподъемностью 15 т пролет машинного зала принимается между внутренними стенами.

Установка крана по высоте зависит от высоты подъема крюка, т. е. от расстояния между крайними низшими и высшими положениями крюка. Высота от пола машинного зала до верхнего положения крюка грузоподъемного устройства выбирается исходя из условий выемки

поршня в вертикальных поршневых компрессорах, т. е. расстояния от пола машинного зала до наивысшей точки выемки поршня; при этом учитывается возможность транспортирования краном детали над другим оборудованием, не задевая его.

Применение грузоподъемных устройств в других помещениях компрессорной станции, например в помещениях осушительных установок, зарядки баллонов сжатым воздухом и т. п., определяется условиями эксплуатации, весом поднимаемых деталей и габаритами помещения.

Каждое подъемно-транспортное устройство, применяющееся для ремонтно-монтажных работ, должно иметь на видном месте ясное обозначение наибольшей допускаемой для него рабочей нагрузки и дату очередного испытания.

К работе с подъемными устройствами должны допускаться лица, умеющие ими пользоваться и знающие основные требования, предъявляемые правилами техники безопасности [8].

2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ О ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ УСТРОЙСТВАХ, НАИБОЛЕЕ ШИРОКО ПРИМЕНЯЮЩИХСЯ В КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЯХ

В небольших компрессорных станциях применяются тали шестеренные, изготавливаемые по ГОСТу 2799-54 (табл. 52), червячные тали грузоподъемностью 1, 3, 5 и 10 т, электротельферы и кошки.

Таблица 52

Технические характеристики ручных шестеренных талей

Грузоподъемность, т	Высота, м	Строительная высота, мм	Тяговое усилие, мм	Скорость подъема, м/мин	Вес, кг
0,5	3	340	26	1,45	30
1,0	3	420	32	0,9	48
2,0	3	490	48	0,65	78
3,0	3	690	55	0,5	117
5,0	3	860	48	0,26	163
10,0	3	1210	55	0,13	272

Шестеренные тали имеют сравнительно небольшую строительную высоту и более высокий к. п. д., чем червячные тали.

Электротельферы применяются грузоподъемностью 0,5; 1; 2 и 3 т типов ТВ-0,5, ТВ-1, ТВ-2 и ТВ-3.

Кошки с ручным приводом грузоподъемностью 1 т выпускаются в соответствии с ГОСТом 47-54 двух типов: типа А — с механизмом передвижения и типа Б — без механизма передвижения. Кошки с механизмом передвижения выпускаются грузоподъемностью 1, 2, 3 и 5 т.

Завод «Красный блок» выпускает кошки ручные с шестеренным подъемным механизмом грузоподъемностью 2 т и кошки ручные

с червячным подъемным механизмом грузоподъемностью 3,5 и 10 т.

Устанавливаемые в машинном зале подвесные ручные кран-балки (фиг. 102) изготавливаются по ГОСТу 7413-55, типы и основные параметры которых приведены в табл. 53.

Подвесные ручные кран-балки изготавливаются двух типов: КБМ — кран-балка с ручным механизмом передвижения и КБ — кран-балка без механизма передвижения.

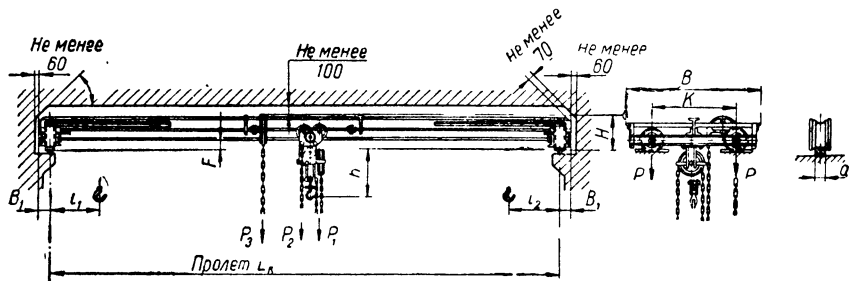


Рис. 103. Кран мостовой ручной однобалочный по ГОСТу 7075-54.

Такие кран-балки предназначены для работы с использованием следующих грузоподъемных устройств:

- а) тали электрические передвижные (тельферы) по ГОСТу 3472-54;
- б) кошки ручные с червячным подъемным механизмом по ГОСТу 1106-54;
- в) кошки с ручным приводом по ГОСТу 47-54.

Для передвижения кран-балки достаточно приложить усилие, не превышающее 25 кг. Передвижение ручной кран-балки производится по подвесным путям.

Пути подвешиваются к балкам перекрытия. Следует учитывать, что механизм подъема к ручной кран-балке в объем поставки завода не входит.

Сокращенное обозначение для заказа подвесной ручной кран-балки следующее:

Ручная кран-балка 500 р14-3014-1,

где р — ручной подъем (для электрической следует указывать «э»);

14 — профиль подкранового пути (№ 14);

30 — длина кран-балки, дм;

14 — профиль несущей балки;

1 — исполнение консолей.

Завод имени Ленина Харьковского совнархоза изготавливает в соответствии с ГОСТом 7532-55 мостовые однобалочные краны с электрической талью, грузоподъемностью 1, 2, 3 и 5 т и любого пролета, кратного 0,5 м, длиной от 5 до 17 м.

Широко применяются в компрессорных станциях краны мостовые

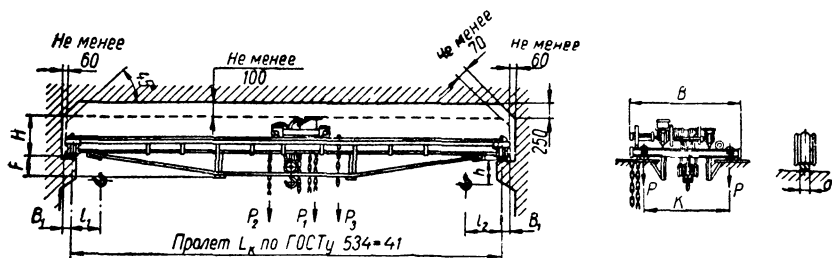
Типы и основные размеры

Грузоподъемность, т	Полная длина кран-балки, м	Длина консолей l_1 и l_2 , мм		База кран-балки С	Ши. впа кранбалки Б (не более)
		наибольшая	наименьшая		
0,25	3	500	100	1000	1250
	4	700			
	5	900			
	6	1000			
	8	1200			
	10	1500			
0,5	3	500	100	1000	1250
	4	700			
	5	900			
	6	1000			
	8	1200			
	10	1400			
1	3	400	200	1000	1350
	4	500			
	5	600			
	6	800			
	8	1000			
	10	1400			
2	3	400	200	1000	1800
	4	500			
	5	600			
	6	700			
	8	1000			
	10	1400			
3	3	300	300	1000	1500
	4	500			
	5	600			
	6	700			
	8	800			
	10	1400			

кран-балок подвесных ручных

Наличие механизма передвижения кран-балки	Расстояние до пути кран-балки H , мм (не более)	Количество кареток у кран-балок, шт		Нагрузка P на одну каретку кран-балки кг (не более)		Вес кран-балки, кг (не более)
		типа Д	типа Т	типа Д	типа Т	
С механизмом или без него	450	4	4	260	260	250
				280	280	300
				300	300	350
				310	310	400
				350	350	550
С механизмом	500			400	400	750
				470	—	1000
С механизмом или без него	450	4	4	390	390	250
				420	420	300
				450	450	350
				470	470	450
				570	570	850
С механизмом	550			650	650	1150
				710	—	1400
С механизмом или без него	500	4	4	820	820	400
				870	870	500
				910	910	600
				950	950	700
				1010	1010	900
С механизмом	600			1110	—	1200
				1210	—	1600
С механизмом или без него	500	4	8	1380	690	550
				1440	720	650
				1490	740	750
				1530	760	850
				1580	—	900
С механизмом	600			1770	—	1500
С механизмом	550	4	—	2130	—	800
				2150	—	900
				2240	—	1050
	2300			—	1200	
	2410			—	1600	
	2660			—	2100	
С механизмом	600					
С механизмом	700					

ручные однобалочные и двухбалочные (фиг. 103 и 104), изготовляемые по ГОСТу 7075-54, основные характеристики которых приведены в табл. 54.



Фиг. 104. Кран мостовой ручной двухбалочный по ГОСТу 7075-54.

Таблица 54

Типы и основные размеры кранов мостовых ручных

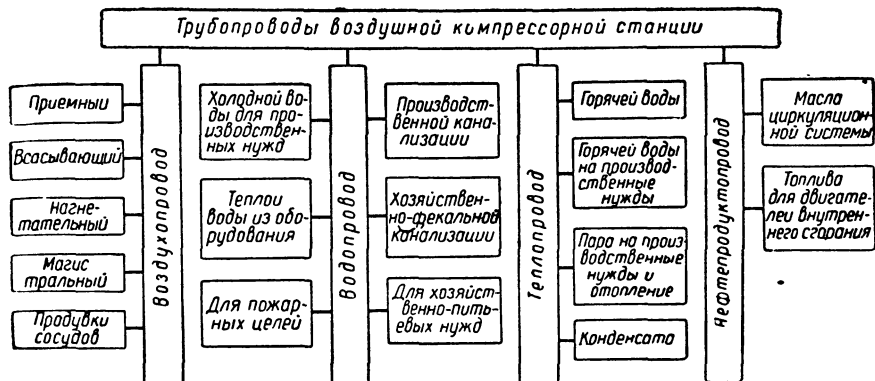
Типы кранов	Грузоподъемность, т	Пролет крана, L_K , м	Высота подъема, м	Тяговое усилие, кг			Основные размеры крана, мм							Вес крана, т, (не более)	
				подъема P_1	передвижения		Ширина рельса a	Ширина крана B (не более)	База крана K	Колея тележки, L_m	H , не более	B_1 , не более	F , не более		
					тележки P_2	крана P_3									не более
А	1	5	12	35	15	20	40	1900	1200	—	500	125	-100	0,9	
		8						2300	1600			150	-150	1,1	
		11												1,5	
	14												1,8		
А	3	5	12	65	18	30	50	1900	1200	—	500	125	-100	1,1	
		8						2300	1600			150	-150	1,3	
		11												1,9	
Б	5	5	12	75	25	35	50	2300	1600	—	550	125	-150	1,3	
		8											180	-175	1,6
		11											650		2,1
Б	14	14	12	75	15	25	50	3000	2100	1000	1000	170	600	4,1	
		17											800		5,0
А	10	5	12	75	25	40	50	2450	1800	—	600	180	-200	2,0	
		8													2,5
		11													3,2
Б	14	14	10	75	20	30	50	3000	2100	1200	1200	200	600	5,1	
		17											800		6,1
Б	15	8	10	40	25	30	60	4500	3500	1800	1400	200	-100	6,1	
		11											500	7,0	
		14											600	8,4	
		17											800	9,2	
Б	20	10,5	10	50	30	35	60	4500	3500	1800	1400	200	400	7,2	
		13,5											650	8,7	
		16,5											850	9,9	

ТРУБОПРОВОДЫ И АРМАТУРА

1. НАЗНАЧЕНИЕ И ВИДЫ ТРУБОПРОВОДОВ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ

Бесперебойная работа компрессорной станции в значительной мере зависит от состояния трубопроводов, арматуры, фланцевых и муфтовых соединений.

Трубопроводы контроля и автоматического регулирования независимо от транспортируемой среды бывают защитные (для предохранения электрической проводки от механических повреждений),



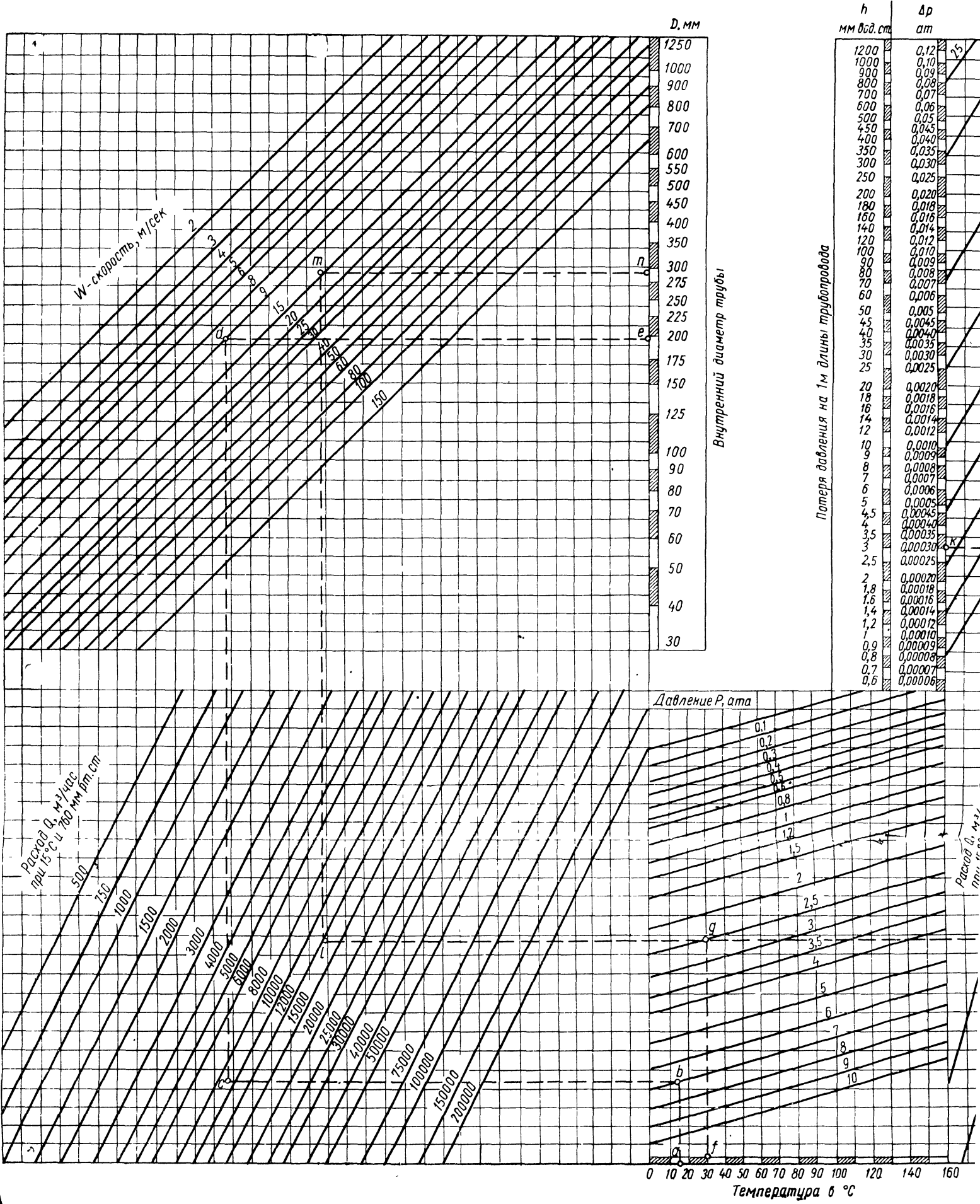
Фиг. 105. Классификация трубопроводов компрессорной станции.

силовые (для подачи рабочей жидкости под давлением к регуляторам) и импульсные (для передачи измерительного или командного импульса).

В зависимости от транспортируемой среды и назначения трубопроводы компрессорной станции могут быть классифицированы по схеме (фиг. 105).

Приемным воздухопроводом считается участок трубопровода от воздухоприемника до фильтра.

Всасывающим воздухопроводом компрессорной установки считается участок трубопровода от фильтра (фильтркамеры) до всасывающего патрубка компрессора, нагнетательным — от нагнетательного патрубка компрессора до фланца вспомогательного оборудования, магистральный — от воздухосборника до потребителя. В помещении машинного зала компрессорной станции всасывающий воздухопровод прокладывается как в каналах, так и по стенам здания в зависимости от принятой компоновки компрессорной станции. Устройство всасывающего воздухопровода оказывает большое влияние на работу компрессора. Для компрессора, имеющего вполне определенную производительность, всасывающий воздухопровод должен быть заданного диаметра и небольшой длины. Чем длиннее всасывающий трубопровод, тем больше должен быть его диаметр. Рекомендуется увеличивать



Фиг. 107 Номограмма для определения диаметра труб и потерь дав.

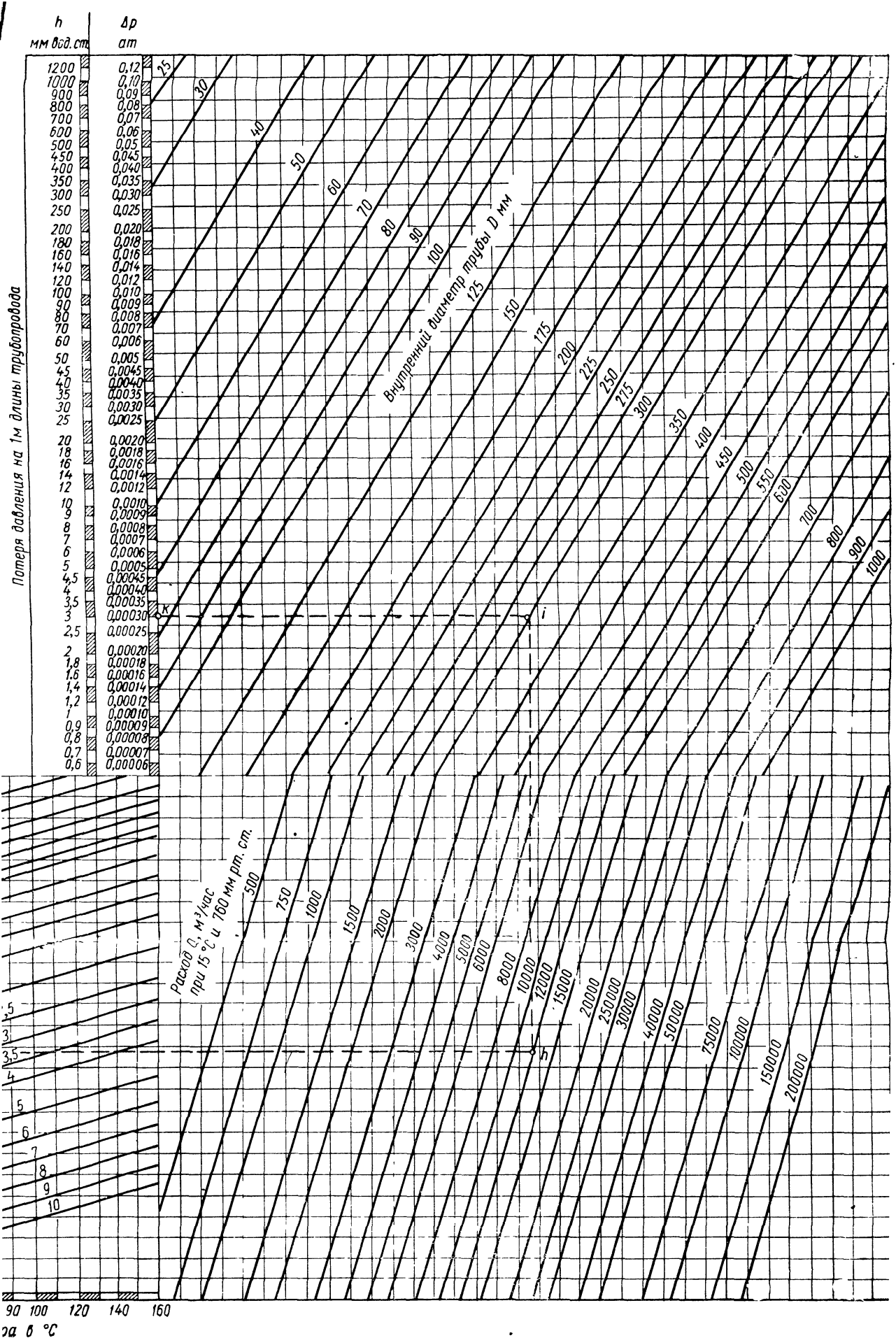


График диаметров труб и потерь давления в воздухопроводах

воздухопроводе. Поэтому всасывающий воздухопровод должен прокладываться отдельно от нагнетательного неизолированного воздухопровода.

Всасывающий трубопровод следует прокладывать вдали от поверхностей, излучающих тепло, так как повышение температуры всасываемого воздуха на каждые 3° вызывает снижение весовой производительности компрессора примерно на 1%.

Чаще всего негерметичность оказывается у всасывающих клапанов, в результате которой происходит поступление нагретого воздуха из цилиндра компрессора во всасывающий воздухопровод. От каждого фильтра к компрессору прокладывают обычно самостоятельный всасывающий воздухопровод, но иногда от одной фильтркамеры прокладывают общий воздухопровод, к которому подключают всасывающие патрубки всех компрессоров станции. Такое решение затрудняет условия проведения ремонта, а также ухудшает работу каждой компрессорной установки при одновременной работе нескольких установок.

Всасывающий воздухопровод желательно прокладывать в каналах под полом компрессорной станции. При надземной прокладке всасывающего воздухопровода в помещении компрессорной станции поверхность его должна быть изолирована от воздействия температуры окружающего воздуха, которая в помещении компрессорной станции выше наружной температуры.

Нагнетательным воздухопроводом считается отрезок трубопровода от нагнетательного патрубка компрессора до первого фланца на вспомогательном оборудовании (конечном охладителе, масловодоотделителе или воздухоборнике). Нагнетательный трубопровод должен быть достаточного сечения, коротким и по возможности прямым. Скорость воздуха в нагнетательном трубопроводе не должна превышать $10\text{--}15$ м/сек для компрессоров двойного действия и 6 м/сек — для компрессоров простого действия. При длине нагнетательного трубопровода от компрессора до воздухоборника, превышающей 25 м, получается значительная потеря давления вследствие пульсирующего потока сжатого воздуха. Этот дефект снижает производительность компрессора и повышает расход электроэнергии на сжатие воздуха на $1,5\text{--}3\%$ от общего расхода. По существующим нормам допустимое падение давления сжатого воздуха по длине воздухопровода находится в пределах $0,6\text{--}0,7$ атм на 1 км (при скорости не более 10 м/сек). При прохождении воздуха от компрессора по нагнетательному воздухопроводу до конечного охладителя давление воздуха снижается примерно на $0,1$ атм.

В многоступенчатых компрессорах имеются промежуточные нагнетательные воздухопроводы (между нагнетательными патрубками цилиндров и промежуточными охладителями). Промежуточные нагнетательные трубопроводы в пределах компрессорного агрегата рассчитываются, изготавливаются и поставляются заводом-изготовителем компрессора вместе с последним. Нагнетательный трубопровод (между

нагнетательным патрубком последней ступени компрессора и конечным охладителем) изготавливается на месте монтажа.

Трубопровод между конечным охладителем или между масловодоотделителем (при отсутствии конечного охладителя) и воздухоотборником можно называть подающим (магистральным) воздухопроводом, т. е. трубопроводом, по которому сжатый воздух, охлажденный и очищенный от масла, подается в сеть межцеховых воздухопроводов.

Кроме рассмотренных главных воздухопроводов, в компрессорной станции имеются вспомогательные воздухопроводы (наддува, продувки сосудов оборудования, из предохранительных клапанов и т. п.), а также трубопроводы воды, пара, масла, жидкого топлива и др.

2. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К УСТРОЙСТВУ ВОЗДУХОПРОВОДОВ

Трубопроводы сжатого воздуха относятся к категории 3б; они подлежат проверке органами Госгортехнадзора СССР, а поэтому при монтаже и эксплуатации их должны соблюдаться требования норм, изложенные в «Правилах устройства, установки, содержания и освидетельствования паропроводов и трубопроводов горячей воды» [9].

К воздухопроводам компрессорной станции предъявляются следующие требования.

1. Устройство трубопроводов сжатого воздуха должно обеспечивать полную безопасность для обслуживающего персонала и соответствовать правилам изготовления, монтажа, содержания и обслуживания трубопроводов, находящихся под давлением.

2. Монтажная схема трубопроводов должна быть рациональной, наглядной и обеспечивать легкую и безошибочную эксплуатацию трубопроводов, оборудования и арматуры.

3. Монтаж и эксплуатация трубопроводов должны обеспечивать минимальные потери давления и утечки. Для воздухопроводов допустимое падение давления должно быть не более 1,5 *атм*.

4. Стойкость изготовления, монтажа и эксплуатации трубопроводов, а также их протяженность должны быть минимальными.

5. Схемы трубопроводов и расстановка на них арматуры должны обеспечивать возможность проведения ремонтных работ, связанных с заменой арматуры и устранением наиболее уязвимых мест, без остановки компрессорной станции. С этой целью наиболее надежной считается схема, предусматривающая индивидуальную работу каждой компрессорной установки.

6. Все трубопроводы, подвергающиеся нагреву и находящиеся на такой высоте, при которой человек может получить ожог, должны иметь теплоизоляцию.

7. В производственных помещениях воздушных компрессорных станций прокладка газопроводов с природным или искусственным газом запрещается, так как при утечках газа и засасывании его воздушным компрессором может произойти взрыв.

Для изготовления воздухопроводов, находящихся под давлением до 350 кг/см^2 , применяются стальные трубы (табл. 55).

Трубы, применяющиеся в компрессорных станциях для воздухопроводов давлением до 350 кг/см²

Расчетное рабочее давление, кг/см ²	Применяемые трубы
До 10	Водогазопроводные по ГОСТу 3262-55 и сварные по ГОСТу 4015-58.
От 10 до 16	Водогазопроводные, усиленные, по ГОСТу 3262-55 или электросварные по ГОСТу 1753-53
От 16 до 60	Сварные по ГОСТу 4015-58 или водогазопроводные усиленные по ГОСТу 3262-55, а также стальные бесшовные горячекатаные по ГОСТу 8732-58.
От 60 до 350	Бесшовные по ГОСТу 8734-58 при диаметрах менее 57 мм (холодотянутые), а при диаметрах 57 мм и выше — по ГОСТу 8732-58 (горячекатаные).

Для воздухопроводов давлением до 60 кг/см² применяются стальные трубы обыкновенного качества марок Ст. 2 и Ст. 3 по группе А (ГОСТ 380-57) и марок Ст. 2 и Ст. 3 (ГОСТ 5520-50).

Для воздухопроводов давлением от 60 до 350 кг/см² применяются трубы из углеродистой качественной стали марок 15К, 20К и 25К (ГОСТ 5520-50).

Воздухопроводы диаметром от 400 до 1400 мм на давление до 6 кг/см² могут изготавливаться сварными из листовой стали путем вальцовки и сварки в стык.

Воздухопроводы всех давлений, предназначенные для транспортирования воздуха с температурой — 50° и ниже, изготавливаются из латунных или медных труб.

3. МЕТОДЫ РАСЧЕТА ВОЗДУХОПРОВОДОВ

Расчет воздухопровода сводится к определению его диаметра и потерь давления.

Диаметр воздухопровода для давлений до 10 *ати* (фиг. 107) определяется по номограмме. Примеры пользования номограммой приведены ниже. При отсутствии номограммы, а также для воздухопровода давлением выше 10 *ати* диаметр определяется по формуле

$$Q = 3600 \frac{\pi d^2}{4} \omega \text{ м}^3/\text{час},$$

где Q — действительный расход воздуха, м³/час;

$\pi = 3,14$;

d — внутренний диаметр воздухопровода (расчетный), м;

ω — скорость сжатого воздуха, м/сек.

Действительный расход воздуха определяется по приближенной формуле

$$Q = \frac{Q_n (273 + t)}{293P},$$

где Q_n — расход воздуха при 20°C и 760 мм рт. ст., $\text{м}^3/\text{час}$;
 P — абсолютное давление сжатого воздуха, $\text{кг}/\text{м}^2$;
 t — температура воздуха, $^\circ\text{C}$.

Скорость сжатого воздуха в трубопроводе принимается по табл. 56 или определяется по формуле

$$\omega = \frac{G}{60F \gamma_{сж}} \text{ м/сек}, \quad (14)$$

где G — весовое количество всасываемого (свободного) воздуха, $\text{кг}/\text{мин}$;

$1,29$ — удельный вес свободного воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$;

F — площадь сечения трубы, определяемая по формуле $F = \frac{\pi d^2}{4} \text{ м}^2$;

$\gamma_{сж}$ — удельный вес сжатого воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$, определяемый по формуле $\gamma_{сж} = \frac{P}{RT} \text{ кг}/\text{м}^3$,

где P — абсолютное давление сжатого воздуха, $\text{кг}/\text{м}^2$;

R — газовая постоянная сухого воздуха, равная $29,27 \text{ кгм}/\text{кг}^\circ\text{C}$;

T — абсолютная температура, определяемая по формуле $T = t + 273^\circ\text{K}$.

Таблица 56

Рекомендуемые скорости воздуха в воздухопроводах

Наименование участка воздухопровода	Рабочее давление, $\text{кг}/\text{см}^2$	Скорость воздуха, $\text{м}/\text{сек}$
Всасывающий трубопровод	Вакуум	Не более 10
Нагнетательный трубопровод	До 6	12—15
Прочие трубопроводы	» 6	Не более 20
Прочие трубопроводы	» 10	» » 15
Прочие трубопроводы	10—20	» » 10
Прочие трубопроводы	20—30	» » 8
Прочие трубопроводы	30—100	» » 6
Прочие трубопроводы	100—220	» » 3,5

Задаваясь экономической скоростью сжатого воздуха в трубопроводе (табл. 56) и производя подстановки указанных выше обозначений в формулу (14), получим формулу для расчета внутреннего диаметра воздухопровода

$$d = \sqrt{\frac{4G}{60 \pi \gamma_{сж} \omega}} \text{ м}. \quad (15)$$

Для определения необходимой толщины стенки трубопровода пользуются единой формулой расчета цилиндрических элементов на внутреннее давление исходя из условий прочности

$$S = \frac{PD_s}{230 R_z - P} \frac{1}{\varphi} + C,$$

где S — толщина стенки, мм;

P — внутреннее рабочее давление, кг/см²;

D — внутренний диаметр, мм;

R_s — допускаемое напряжение на растяжение, кг/мм²;

C — прибавка к расчетной толщине стенки в мм, принимаемая равной 0,18 S при $S_{расч.} > 6$ мм и 1 мм и при $S_{расч.} \leq 6$ мм;

φ — коэффициент прочности сварного шва (для трубопроводов принимают $\varphi = 1$).

Полученная вычислением по данной формуле толщина стенки округляется до размера, ближайшего по ГОСТу.

Дальнейший расчет заключается в определении действительной скорости воздуха в трубопроводе при полученном внутреннем диаметре. Затем производится проверка допустимости получающегося падения давления в трубопроводе.

Пример 1. Даны: температура воздуха в сети $t = 15^\circ \text{C}$; давление воздуха в сети $P = 7 \text{ атм}$; расход воздуха, приведенный к условиям всасывания ($t = 15^\circ \text{C}$, $P_0 = 760 \text{ мм рт. ст.}$) $Q = 9500 \text{ м}^3/\text{час}$; скорость воздуха (при $P = 7 \text{ атм}$) $\omega = 9 \text{ м/сек}$. Определить внутренний диаметр трубы D мм.

Решение. Линия $abcde$ приводит к точке $D = 200 \text{ мм}$.

Пример 2. Даны: температура воздуха в сети $t = 30^\circ \text{C}$; давление воздуха в сети $P = 2,5 \text{ атм}$; расход воздуха, приведенный к условиям всасывания ($t = 15^\circ \text{C}$, $P_0 = 760 \text{ мм рт. ст.}$), $Q = 12\,000 \text{ м}^3/\text{час}$, внутренний диаметр трубы $D = 300 \text{ мм}$. Определить: потерю давления Δp на один метр трубы в атм/м ; скорость воздуха ω в трубе, м/сек ; потерю давления на длине 500 м, атм .

Решение. Линия $fgihk$ приводит к точке $\Delta p = 0,0003 \text{ атм/м}$. Пересечение линии $fglm$ и nm в точке m образует точку, соответствующую скорости $\omega = 15 \text{ м/сек}$. Потеря давления на длине 500 мм равна $\Delta p = 0,003 \cdot 500 = 0,15 \text{ атм}$.

Пример 3. Давление сжатого воздуха в трубопроводе $P = 200 \text{ атм}$, а температура $t = 40^\circ \text{C}$; действительный расход воздуха $Q = 40,49 \text{ м}^3/\text{мин}$. Определить диаметр и размер трубы для воздухопровода при скорости воздуха 3,5 м/сек .

Решение. Определяем весовое количество всасываемого воздуха по формуле

$$G = Q \gamma_{вс} = 40,49 \cdot 1,29 = 52 \text{ кг/мин.}$$

Определяем удельный вес сжатого воздуха по формуле

$$\gamma_{сж} = \frac{P}{RT} = \frac{(200 + 1) 10\,000}{29,27 (40 + 273)} = 211 \text{ кг/м}^3.$$

Определяем диаметр воздухопровода по формуле (15)

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 52}{60 \cdot 3,14 \cdot 211 \cdot 3,5}} = 0,038 \text{ м} = 38 \text{ мм.}$$

Принимаем толщину стены трубы 6 мм, тогда ближайший по ГОСТу 8732-56 размер трубы будет $50 \times 6 \text{ мм}$.

Для определения потерь сжатого воздуха низкого давления в воздухопроводах можно пользоваться той же номограммой (фиг. 107).

Определение величины потерь давления по номограмме или расчетным путем возможно только после того как составлена схема трубопроводов в изометрии, так как для подсчета гидравлических сопротивлений нужно знать длины всех участков, конфигурацию воздухопроводов и все местные сопротивления.

Расчет сети воздухопроводов производится в следующем порядке.

1. Составляется в изометрии схема воздухопроводной сети с нанесением длин участков, количеств протекающего воздуха и необходимой арматуры.

2. Задаются падением давления по всей длине трубопровода и распределяют это давление пропорционально длинам участков.

3. По номограмме находятся диаметры труб всех участков воздухопроводной сети и скорости движения сжатого воздуха в них.

4. Найденные расчетные размеры диаметров округляются до ближайших стандартных.

5. Определяются эквивалентные и приведенные длины участков.

6. Находятся действительные потери давления на участках с учетом сопротивления арматуры.

7. Определяется потеря давления по магистрали (от компрессора до максимально удаленной точки).

Расчеты сводятся в таблицы по формам, приведенным в приложениях IV и V.

4. СПОСОБЫ ПРОКЛАДКИ ВНУТРИСТАНЦИОННЫХ И МЕЖЦЕХОВЫХ ВОЗДУХОПРОВОДОВ

Внутри помещений компрессорных станций воздухопроводы прокладываются как открыто — по стенам, колоннам, балкам, так и в каналах — проходных, полупроходных и непроходных.

Воздухопроводы в районе компрессорной станции, а также воздухопроводы, идущие к цехам, т. е. межцеховые воздухопроводы могут быть как подземные, так и надземные. Выбор способа прокладки межцеховых воздухопроводов зависит от комплексного решения генерального плана завода, технологических и технико-экономических соображений.

Прокладка подземных воздухопроводов разрешается по проездам и территории, не подлежащей застройке.

Разрешается совместная открытая и канальная прокладка воздухопроводов с трубопроводами других газов и жидкостей, а также в траншеях, засыпаемых грунтом, если технические условия на прокладку трубопроводов этих газов и жидкостей допускают такое совмещение. Расстояние по горизонтали и вертикали между воздухопроводами и другими трубопроводами должно быть не менее 250 мм в свету. Допускается прокладка воздухопроводов в каналах совместно с силовыми, осветительными и телефонными кабелями при условии защиты кабелей в соответствии с «Правилами устройства электротехнических установок» [33].

При открытой прокладке расстояние между воздухопроводами и изолированными электрокабелями должно быть не менее 500 мм, а между воздухопроводами и голыми проводами — не менее 1000 мм. Если по местным условиям на отдельных участках требуется расстояние 500 мм между воздухопроводами и изолированными кабелями не может быть выдержано, а также при пересечении воздухопрово-

дов с изолированными кабелями это расстояние может быть сокращено до 100 мм при условии, что защита кабелей в этих местах будет произведена в соответствии с требованиями упомянутых выше правил.

Прокладка подземных воздухопроводов должна осуществляться с соблюдением приведенных ниже расстояний от:

1) стен здания в зависимости от конструкций и глубины заложения их, а также характера грунта — не менее 1,5 м при хороших грунтах и не менее 3 м — при мажорпористых грунтах;

2) трубопроводов водоснабжения, канализации и водостоков в зависимости от глубины их заложения и с таким расчетом, чтобы ремонт или строительство указанных трубопроводов и воздухопроводов не нарушали их нормальную эксплуатацию, но не менее 1 м;

3) внутризаводских железнодорожных путей — не менее 3,5 м от оси пути;

4) трамвайных рельсов не менее 1,5 м;

5) древесных насаждений — не менее 2 м;

6) телефонных, осветительных и силовых кабелей — не менее 0,5 м.

В особых случаях, с согласия организации, утверждающей проект межцеховых воздухопроводов, эти расстояния могут быть уменьшены.

В местах пересечения подземных воздухопроводов с электрокабелями, водопроводом, канализацией, водостоками и другими подземными сооружениями вертикальное расстояние между ними должно быть не менее 0,2 м, а в местах пересечения с трамвайными рельсами — не менее 1 м. При этом электрокабели должны быть защищены в соответствии с требованиями «Правил устройства электрических установок», а воздухопроводы заключены в футляры.

Воздухопроводы, по которым транспортируется сжатый воздух низкого давления (до 25 атм) и содержащий в себе влагу, должны укладываться ниже уровня промерзания грунта. Воздухопроводы осушенного воздуха могут укладываться в зоне промерзания грунта, но не менее 0,8 м от верха трубы до поверхности земли. При этом глубина укладки воздухопроводов должна выбираться такой, чтобы влияние возможных динамических нагрузок не вызывало в трубах опасных напряжений.

Прокладка межцеховых воздухопроводов может быть осуществлена на эстакадах, мачтах, столбах, а также на кронштейнах по стенам зданий. Воздухопроводы, прокладываемые на кронштейнах по наружным стенам зданий, должны быть удалены от стен на расстояние, исключающее возможность попадания на них стекающих с крыш атмосферных вод и обрушивающихся наледей.

Прокладка надземных воздухопроводов совместно с электропроводами и электрокабелями запрещается.

Габариты приближения надземных воздухопроводов к наземным сооружениям должны отвечать следующим нормам:

1) к линии высоковольтной электропередачи — не менее 10 м при параллельной прокладке и не менее 2 м — при пересечении;

2) к нижней точке вагонетки подвесной дороги по вертикали — не менее 1 м, причём воздухопроводы должны быть защищены от повреждений в случае падения вагонетки;

3) к железнодорожным путям и шоссейным дорогам — по нормам проектирования указанных дорог.

Подземные воздухопроводы, предназначенные для транспортировки воздуха под давлением до 10 кг/см^2 , должны иметь уклон по рельефу местности не менее 0,002 по ходу и не менее 0,005 против хода воздуха. Ответвления должны прокладываться с уклоном в сторону магистрали. Воздухопроводы, транспортирующие воздух под давлением выше 10 кг/см^2 , могут быть проложены без уклонов.

5. МОНТАЖ ТРУБОПРОВОДОВ

Соединение труб воздухопроводов обычно осуществляется при помощи сварки. Сварку труб разрешается производить любым способом, обеспечивающим надлежащее качество сварного шва по правилам Госгортехнадзора. Для сварки воздухопроводов должны применяться электроды типа Э-42 по ГОСТу 2523-51 с обмазкой ОММ-5, расходы которых приведены в табл. 57.

Таблица 57

Расход электродов и присадочной проволоки для сварки трубопроводов

Размер трубы, мм	Расход на один шов, кг	Размер трубы, мм	Расход на один шов, кг
76×3	0,06	76×4	0,08
89×3,5	0,08	89×4	0,09
108×4	0,1	108×5	0,14
133×4	1,14	133×6	0,22
159×4,5	0,19	159×5	0,21
219×6	0,36	219×7	0,45
273×7	0,56	273×9	0,9
325×9	0,8	325×10	1,1
377×9	0,95	377×12	1,8

Для приварки плоских фланцев, имеющих два шва, требуется примерно двойное количество электродов, а для сварки фасонных частей (тройников, отводов и т. п.) требуется в 1,2—1,4 раза большее количество электродов, чем при стыковых сварных швах.

Для газовой сварки принимается материал присадочной проволоки марок I, IA и II по ГОСТу 2246-54.

Допускается сварка трубопроводов, ответвлений и штуцеров, а также арматуры, стальных литых и кованных фасонных частей специально разработанной конструкции. Тройники, крестовины и другие фасонные части могут изготавливаться сваркой из труб.

Диаметр штуцеров, ввариваемых непосредственно в трубопровод давлением свыше 40 кг/см^2 и диаметром более 50 мм, должен быть не более 0,6 наружного диаметра трубопровода.

Фланцевые соединения применяются при подключении трубопровода к аппаратуре, в местах установки арматуры и контрольно-измерительных приборов, а также на границах монтажных участков. В фланцевых соединениях воздухопроводов давлением до 25 кг/см^2 употребляются полустержневые болты и гайки, а также чистые шпильки, изготовленные из стали марки Ст. 5 по ГОСТу 380-57 и стали 35 или 40 по ГОСТу 1050-57. Для удобства сбалчивания фланцевые соединения должны располагаться не ближе чем на 300 мм от опор. Затяжку фланцевого соединения следует производить равномерно поочередным подвертыванием противоположных болтов. Конец стержня болта фланцевого соединения обязательно должен выступать из гайки не более чем на 0,5 диаметра болта. Все гайки должны располагаться на одной стороне фланцевого соединения.

Для трубопроводов с диаметром от 3 до 32 мм и на давление до 100 атм допускается штуцерно-торцовое соединение труб по ГОСТу 5890-56.

Трубы диаметром 6 и 10 мм на давление 250 кг/см^2 соединяются деталями, изготавливаемыми по ГОСТам 4340-54 и 4361-54.

Соединение труб в коммуникациях сверхвысокого давления (325 и 700 атм) осуществляется при помощи сферических линз, устанавливаемых в конусные выточки торцов труб. Соединения водогазопроводных труб допускается производить на резьбе с помощью муфт.

Для достижения плотности фланцевого соединения применяются прокладки, изготовленные из материалов, приведенных в табл. 58.

Таблица 58

Прокладочный материал к фланцевым соединениям

Рабочее давление в трубопроводе, кг/см^2	Материал для прокладок
До 6	Резина листовая с двумя прокладками Картон прокладочный по ГОСТу 6406-52 Паронит по ГОСТу 481-58
От 6 до 16	Паронит по ГОСТу 481-58
От 16 до 64	Паронит по ГОСТу 481-58
От 64 до 100	Медь марки МЗ по ГОСТу 859-41 отожженная Алюминий марки АЗ по ГОСТу 3549-55
От 100 до 200	Медь марки МЗ по ГОСТу 859-41 отожженная Линзы стальные

Для всасывающих трубопроводов в качестве прокладок целесообразно использовать резину. Обычно размеры прокладок для фланцев нормализованы и на них имеются рабочие чертежи.

Защитные и импульсные трубы, работающие при давлении до 10 кг/см^2 и температуре до 120° , в большинстве случаев соединяются на резьбе, для чего применяются фитинги. Трубы импульсных соединений из красной меди обычно соединяют на пайке медно-цинковым припоем марки ПМЦ-54.

Воздухопровод должен иметь возможность свободного температурного удлинения, под влиянием которого не должны происходить выпучивание трубопровода, расстройство его фланцевых соединений и деформации соединенных с воздухопроводом машин или аппаратов. Отсюда опоры под трубопроводы должны быть подвижными.

Для определения величины пролета между опорами, а также при расчете опор и подвесок должна приниматься бóльшая из приведенных ниже двух нагрузок: нагрузки от собственного веса трубопровода с учетом веса воды, наполняющей трубопровод, и нагрузки от собственного веса трубопровода, конденсата и изоляции.

Для труб диаметром до 100 мм вес конденсата берется равным 20 % от сечения, для труб диаметром от 101 до 500 мм — 15 % от сечения, и для труб диаметром более 500 мм — 10 % от сечения.

Для определения расстояния между опорами под неизолированные трубопроводы следует пользоваться данными табл. 59.

Таблица 59

Расстояние между опорами неизолированных трубопроводов

Условный диаметр трубы, мм . . .	15	25	32	40	50	70	80	100	125	150	200	250	300
Расстояние между опорами, м . . .	1,5	2,0	2,5	3,0	3,25	3,8	4,2	5,0	5,6	6,4	8,8	10,5	12,5

Воздухопроводы, имеющие термоизоляцию, должны укладываться на опоры так, чтобы расстояние от стены до поверхности изоляции было не менее 60 мм.

6. ИСПЫТАНИЕ ТРУБОПРОВОДОВ

После монтажа трубопроводы должны быть испытаны. Перед испытанием воздухопроводы подвергаются наружному осмотру, подземные — до засыпки траншей, надземные — до укладки на опоры. При осмотре производится проверка уклона трубопровода, глубины его заложения, состояния основания (постели) и изоляции, в соответствии с требованиями инструкций по монтажу.

После наружного осмотра участок воздухопровода с установленными на нем арматурой, компенсаторами и пр. подвергается предварительному гидравлическому испытанию на прочность.

Для воздухопроводов с рабочим давлением ниже 5 кг/см² пробное давление устанавливается 1,5 Р, но не менее 2 кг/см², а для воздухопроводов с рабочим давлением выше 5 кг/см² пробное давление устанавливается 1,25 Р, но не менее 3 кг/см².

При отрицательной температуре окружающего воздуха разрешается проводить испытание не водой, а сжатым воздухом на давление, установленное для гидравлического испытания, или принимать специальные меры против замерзания воды в трубопроводах. Плотность

сварных соединений при предварительном пневматическом испытании воздухопроводов проверяется путем обмазки их мыльным раствором.

Смонтированный и подготовленный к сдаче участок или весь воздухопровод (подземный после засыпки его не менее как на 0,5 м грунтом, надземный — после укладки на опоры) подвергается испытанию на плотность сжатым воздухом под давлением, равным рабочему. Начало испытания устанавливается не ранее чем через 24 часа после наполнения трубопровода воздухом с тем, чтобы температура воздуха в трубопроводе сделалась равной температуре окружающей среды.

Испытание на плотность продолжается 34 часа. Величина утечки воздуха из системы в среднем за 1 час испытания должна быть не более: для воздухопроводов с рабочим давлением до 1 кг/см^2 — 2%, для воздухопроводов с рабочим давлением свыше 1 кг/см^2 — 1% от объема воздуха, находящегося в воздухопроводе в начале испытания.

Величина утечки может быть определена по формуле

$$V = 100 \left[1 - \frac{P_k (273 + t_n)}{P_n (273 + t_k)} \right],$$

где V — искомая утечка, %;

P_n и P_k — давления в воздухопроводе в начале и конце испытания, мм вод. ст., мм рт. ст. или кг/см^2 ;

t_n и t_k — температура воздуха в трубопроводе в начале и конце испытания, °С.

При измерении падения давления по жидкостному манометру необходимо учитывать барометрическое давление.

После окончания монтажа и всех испытаний воздухопроводы необходимо продуть чистым воздухом. Скорость воздуха в трубопроводе должна быть 15—20 м/сек.

Продувку необходимо производить до тех пор, пока на белой бумаге (наклеенной на щит), поднесенной к концу труб, не будет замечено следов твердых частиц, выносимых струей воздуха из трубопровода.

7. ИЗОЛЯЦИЯ И ОКРАСКА ТРУБОПРОВОДОВ

Все трубопроводы как внутри компрессорной станции, так и вне ее должны покрываться антикоррозийным лаком марки ОНИЛХ-3 или масляной краской. Лаком покрываются трубопроводы, подлежащие термоизоляции.

Термоизоляцией покрываются всасывающие воздухопроводы, если они прокладываются по стенам и колоннам внутри машинного зала, а также в тех случаях, если всасывающий воздухопровод почему-либо прокладывается в одном канале с нагнетательным воздухопроводом.

Термоизоляцию трубопроводов следует производить по инструкции «Типовые детали тепловой изоляции трубопроводов и оборудования» (ТС 02-01), разработанной Всесоюзным научно-исследовательским и проектным институтом «Теплопроект».

Нагнетательные воздухопроводы покрываются термоизоляцией, если они прокладываются надземно от компрессора до конечного охладителя. Термоизоляция трубопровода выполняется после гидравлических и пневматических испытаний.

Выбор типа противокоррозийной изоляции производится в соответствии с указаниями, приведенными в табл. 60

Таблица 60

Противокоррозийная изоляция воздухопроводов

Тип изоляции	Характер грунтов
Нормальная	Воздухопроводы, укладываемые в грунты с низкой и нормальной коррозионностью
Усиленная	Воздухопроводы, укладываемые в грунты с повышенной коррозионностью
Весьма усиленная	Воздухопроводы, укладываемые в грунты с высокой коррозионностью Участки воздухопроводов, укладываемые в грунты с повышенной коррозионностью на переходах железнодорожных и трамвайных путей

Трубопроводы, проложенные открыто или в каналах, и надземные трубопроводы должны быть окрашены в цвета, указанные в табл. 61.

Таблица 61

Применяющиеся цвета окраски трубопроводов

Наименование трубопроводов	Цвет окраски
Воздухопровод	Голубой или серый с красными полосами
Паропровод	Красный с желтыми полосами
Конденсаторовод	Зеленый с синими полосами
Трубопровод продувки сосудов (дренаж воды)	Зеленый с красными полосами
Прямая магистраль теплосети (горячая вода)	Зеленый с желтыми полосами
Обратная магистраль теплосети (охлажденная вода)	Зеленый с коричневыми полосами
Вода	Зеленый
Химически очищенная вода	Зеленый с белыми полосами
Техническая вода	Черный
Топливопровод	Коричневый с черными полосами (временно допускается желтый с черными полосами)
Маслопровод	Коричневый

Примечание. Ширина красных полос на воздухопроводах должна быть равной 50 мм, а расстояние между полосами — не менее 50 мм.

8. АРМАТУРА ТРУБОПРОВОДОВ

Арматура трубопроводов относится к деталям трубопроводов и служит для осуществления переключений и регулирования трубопроводов, по которым транспортируется газообразная или жидкая среда.

По назначению арматуру можно разделить на следующие виды:

- 1) запорную: вентили, задвижки, краны и клапаны;
- 2) защитную: обратные, предохранительные и автоматические клапаны;
- 3) регуливающую: регулировочные вентили, дроссельные и питабельные клапаны, приборы для автоматического регулирования, конденсационные горшки.

Конструкция и материал арматуры должны соответствовать условиям ее работы и определяются в зависимости от рабочего давления, температуры и диаметра прохода.

Арматура, поступающая на монтаж, должна иметь технический паспорт завода-изготовителя, в котором должно быть указано наименование завода-изготовителя, наименование изделия и основные параметры его, материал основных деталей, данные испытаний, номера ГОСТов или технических условий. В случае отсутствия паспорта на арматуру последняя должна быть подвергнута испытанию методом, указанным в стандарте, которому она должна удовлетворять.

Арматура должна иметь маркировку и отличительную окраску по ГОСТу 4666-55. Перед монтажом она должна быть разобрана и осмотрена

Машиностроительные заводы выпускают арматуру: бронзовую, чугунную, стальную и из других материалов. На воздухопроводах не рекомендуется устанавливать бронзовую арматуру.

Для воздухопроводов давления до 25 кг/см^2 при температурах до 300° рекомендуется применять арматуру, корпуса которой изготовляются из чугуна.

Из существующих видов запорной арматуры (вентили, задвижки и краны) наиболее распространены вентили, что объясняется высокой герметичностью перекрытия прохода, легкостью управления, более длительным сроком службы, возможностью более широкого регулирования, относительной безопасностью при эксплуатации.

Однако в компрессорных станциях иногда целесообразнее применять задвижки в качестве запорных органов. Задвижки выгодно отличаются от вентиляей тем, что они создают меньшее гидравлическое сопротивление, имеют меньшие габаритные размеры и стоимость. Для облегчения операций пуска компрессоров целесообразно на воздушных трактах вместо задвижек с ручным приводом применять задвижки с электрическим приводом.

Использование запорных органов для регулирования (путем дросселирования) количества или давления транспортируемой среды не разрешается, так как при частом регулировании поверхности запорных деталей быстро изнашиваются и плотность теряется.

Для регулирования количества или давления транспортируемой по трубопроводу среды применяют регулирующие и редуцирующие вентили (редукторы).

Редуктор предназначен для понижения давления сжатого воздуха с высокого до рабочего и автоматического поддержания постоянной величины рабочего давления независимо от повышения давления

воздуха в главной магистрали. Для редуцирования сжатого воздуха можно применять кислородные редукторы типа РК-50, РДС-50, КРР-50.

Таблица 62

Арматура для трубопроводов высокого давления

Наименование	Условное давление P_y , кг/см ²	Номер стандарта
Наружное ниппельное соединение	250	ГОСТ 4340-54
Внутреннее ниппельное соединение	250	ГОСТ 4341-54
Вентиль встроенный трехходовой	250	ГОСТ 4342-54
Пробки выпускные	250	ГОСТ 4343-54
Запорный вентиль	250	ГОСТ 4344-54
Вентиль для манометра	250	ГОСТ 4345-54
Вентиль с пробкой для спуска влаги к баллону	250	ГОСТ 4346-54
Вентиль для баллона	250	ГОСТ 4347-54
Пробка горизонтального двухгорлового баллона	250	ГОСТ 4348-54
Пробка вертикального двухгорлового баллона	250	ГОСТ 4348-54
Шпindel с клапаном	250	ГОСТ 4353-54
Муфта соединительная	250	ГОСТ 4367-54
Тройник	250	ГОСТ 4368-54
Крестовина	250	ГОСТ 4359-54
Гайка соединительная	250	ГОСТ 4360-54

На трубопроводах высокого давления устанавливается арматура, указанная в табл. 62.

Глава XII

КОНТРОЛЬ РАБОТЫ КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ

1. ЗАДАЧИ И ОБЪЕКТЫ КОНТРОЛЯ

Задачей контроля работы компрессорной станции является обеспечение надежной и правильной эксплуатации оборудования. Надзор за работой оборудования и процессом получения сжатого воздуха осуществляют с помощью контрольных и измерительных приборов.

Контроль ведется не только во время работы компрессорных установок, но и при испытании их с целью определения технического состояния компрессоров: производительности, развиваемого давления, потребляемой мощности, теплового режима сжатия воздуха, удельных расходов воды, электроэнергии и масла, а также режима охлаждения компрессоров и работы охлаждающих устройств.

При эксплуатации компрессорной станции контролю подлежат следующие физические величины:

1) температура всасываемого воздуха, охлаждающей воды, масла циркуляционной системы смазки, трущихся и вращающихся деталей и статорной обмотки электродвигателя;

2) давление всасываемого и нагнетаемого воздуха, охлаждающей воды и масла;

- 3) расход сжатого воздуха, охлаждающей воды и электроэнергии;
- 4) возбуждение синхронного электродвигателя;
- 5) мощность электродвигателей;
- 6) состояние сети заземления компрессорных установок;
- 7) состояние фильтров для очистки всасываемого воздуха.

Температура воздуха контролируется в следующих точках: в месте установки приемника атмосферного воздуха, за фильтром перед первой ступенью сжатия, за первой ступенью сжатия, за промежуточным охладителем, после второй ступени сжатия, за конечным охладителем и за воздухохранилищем.

Температура воды контролируется в следующих точках: в месте подключения наружного водопровода в систему охлаждения компрессорной станции, за промежуточным и конечным охладителями, за охлаждающими рубашками цилиндров и в коллекторе воды, уходящей из компрессорной станции в охлаждающее устройство. Места замера температур масла и трущихся деталей обычно указываются заводом-изготовителем машины в технической документации.

При эксплуатации компрессорной станции особенно большое внимание следует уделять контролю давления как одной из основных характеристик нормальной работы установки. Необходимо измерять давление воздуха: барометрическое (вне помещения); до и после воздушного фильтра (для определения сопротивления фильтра); после каждой ступени компрессора перед промежуточным охладителем, за промежуточными и конечными охладителями, а также в воздухохранилищах и в магистральном трубопроводе (за диафрагмой расхода).

Необходимо измерять давление масла в циркуляционной системе смазки и воды в трубопроводе, подающем холодную воду на охлаждение компрессоров и сжатого воздуха.

Количество вырабатываемого сжатого воздуха является одной из основных характеристик работы компрессорной станции и может измеряться как за каждой компрессорной установкой, так и после всех установок, в начале магистрального воздухопровода, идущего от компрессорной станции к потребителям сжатого воздуха.

Расход воды, идущей на охлаждение компрессора, сжатого воздуха, масла и на бытовые нужды, замеряется на водопроводе в месте ввода его в помещение компрессорной станции.

Общий расход электроэнергии определяется в трансформаторной подстанции.

2. КОНТРОЛЬНЫЕ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

В компрессорных станциях применяются теплотехнические, контрольно-измерительные и электротехнические измерительные и защитные приборы.

Для измерения температур воздуха, воды и масла в компрессорных установках применяются термометры расширения, манометрические термометры и термометры сопротивления в комплекте с лого-

метрами или автоматическими уравновешенными мостами. Для одновременного контроля температуры в 8—12 контролируемых точках компрессора могут применяться термические реле. Термозлемент прибора подает через гальванометр импульс для включения сигнализации и остановки электродвигателя.

Дистанционный контроль температуры осуществляется с помощью аппарата теплового контроля, который обеспечивает многоточечный контроль температуры, подачу световых сигналов и надежную работу при случайных повреждениях. Аппарат теплового контроля имеет переключатель, при помощи которого можно в любое время проверить температуру нагрева контролируемой точки.

Определение температуры воздуха, воды и масла необходимо производить во время работы компрессорной установки через каждый час.

Атмосферное давление измеряют барометрами, а сопротивление воздушных фильтров (давление воздуха до и после фильтра) — жидкостным стеклянным манометром.

Для измерения избыточного давления применяются показывающие и регистрирующие пружинные манометры.

Для измерения расхода воздуха применяют расходомеры — дроссельные устройства (нормальная диафрагма или сопло) в комплекте с дифманометром и импульсными трубками. Способ измерения расхода воздуха дроссельными приборами является самым простым и распространенным.

Устанавливать диафрагму необходимо на прямом участке воздухопровода постоянного диаметра: вертикальном (наиболее желательно), горизонтальном или на наклонном за воздухоотборником; при установке диафрагмы на наклонном или горизонтальном участках следует предусматривать удаление воды и масла через спускные краны (фиг. 108). Установку дроссельных устройств следует производить согласно правилам [31].

Для устранения влияния пульсации потока на результаты замера диафрагму необходимо устанавливать на трубопроводе за воздухоотборником.

На компрессорных станциях применяются трубные, поплавковые и мембранные дифманометры.

Двухтрубные дифманометры выпускаются для рабочих давлений 50 кг/см^2 и 150 кг/см^2 ; типы их обозначаются соответственно ДТ-50 и ДТ-150.

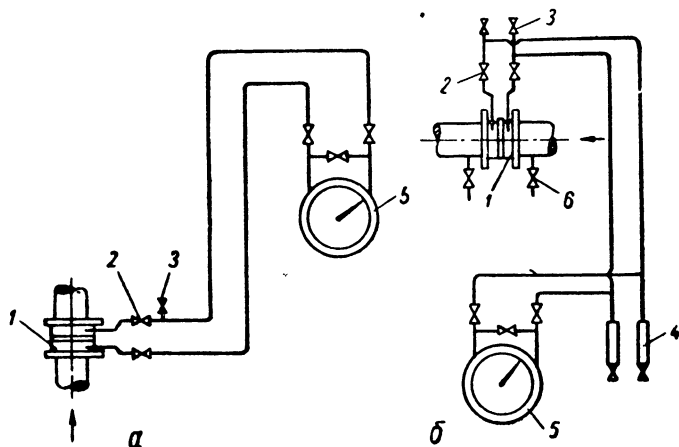
Применяются следующие типы поплавковых дифманометров: механические типа ДП с дистанционной передачей показаний типа ДПЭС, ДЭМП, ДПЭВ и ДПЭМ.

Шкалы и диаграммы указанных приборов изготавливаются именованными или условными (от 0 до 100%).

Основные модификации механических поплавковых дифманометров типа ДП, выпускаемых приборостроительной промышленностью, следующие:

ДП-280 — показывающий;

- ДП-281 — показывающий с интегратором;
 ДП-410 — самопишущий с приводом диаграммы от часового механизма;
 ДП-610 — самопишущий с приводом диаграммы от синхронного электродвигателя,
 ДП-612 — самопишущий с интегратором и отметчиком.
 Дифманометры типа ДП относятся к классу точности 1,5.



Фиг. 108. Схемы установки диафрагмы на воздухопроводе:

- a* — на вертикальном участке (при верхнем расположении дифманометра); *б* — на горизонтальном участке (при нижнем расположении дифманометра);
 1 — сужающее устройство, 2 — вентиль, 3 — продувочный вентиль;
 4 — отстойные сосуды; 5 — дифманометр; 6 — спускные краны.

Для измерения расхода воздуха высокого давления (не более 320 кг/см^2) целесообразно применять дифманометры типа ДПЭВ, поплавковые и бесшкальные (датчик) с электрическим устройством для передачи показаний. Индукционная электрическая система датчика типа ДП предназначена для передачи результатов измерения вторичным прибором (типа Э). Питание индукционной системы производится переменным током напряжением 127 в и частотой 50 гц.

В компрессорных станциях низкого и среднего давлений (до 64 кг/см^2) рекомендуется применять дифманометры типов ДП-280 и ДП-281 или дифманометры бесшкальные ДПЭС, в комплекте со вторичными приборами типа Э, основные характеристики которых следующие: Э-280 — показывающий; Э-281 — показывающий с интегратором; Э-610 — самопишущий; Э-618 — самопишущий с трехпозиционным контактным устройством.

Применяется также дифманометр типа ДЭМП, представляющий собой механический показывающий прибор с электрической дистанционной передачей показаний, работающий с указанными выше приборами типа -

В настоящее время широко применяются мембранные дифманометры типа ДМ, обладающие большими преимуществами перед поплавковыми. Главное достоинство мембранных дифманометров — отсутствие ртути. Дифманометры ДМ, рассчитанные на рабочее давление до 200 кг/см^2 , выпускаются механическими или с электрической дистанционной передачей показаний с плоскими или металлическими мембранами.

Максимальный перепад давлений, указываемый прибором ДМ от 40 до 1000 мм рт. ст.

Основные характеристики выпускаемых дифманометров типа ДМ с резиновой (вялой) мембраной следующие: ДМ-280 — показывающий; ДМ-281 — показывающий с интегратором; ДМ-410 — самопишущий с часовым механизмом для вращения диаграммы; ДМ-420 — самопишущий с дополнительной записью давления; ДМ-612 — самопишущий с интегратором-отметчиком и синхронным электродвигателем, вращающим диаграмму.

Класс точности мембранных дифманометров 1,5. Приборы имеют квадратичные шкалы и диаграммы. В качестве расходомера применяется также дифманометр типа ДМ6, представляющий собой бесшкальный прибор с электродистанционной передачей показаний. Прибор выпускается на предельные перепады давления до 2500 мм рт. ст. и на рабочее давление 64, 100 и 160 кг/см^2 ; он может работать в комплекте со вторичным электронным дифференциально-трансформаторным прибором типа ЭПИД, а также малогабаритными электронными приборами типа ДПР-1 или ДС-1.

Следует учитывать, что расстояние по трассе импульсных трубок от диафрагмы до дифманометра не должно превышать 50 м; при большем расстоянии применяются электрические дифманометры.

Во избежание попадания влаги при измерении расхода воздуха в дифманометр желательно располагать его выше диафрагмы или сопла, а присоединение импульсных трубок к сужающему устройству производить в верхних точках по вертикальной оси трубопровода. При установке дифманометра ниже сужающего устройства и большой влажности воздуха необходимо предусматривать сосуды для сбора и удаления влаги, устанавливаемые в самых низких точках импульсных линий. Соединительные трубки следует расположить с уклоном, обеспечивающим сток влаги в трубопровод. При недостаточном уклоне для стока конденсата следует в нижних точках соединительных трубок устанавливать конденсатосборники и спускные вентили. Если дифманометр располагается ниже диафрагмы, то в низших точках также следует устанавливать сборники конденсата и вентили.

Расход охлаждающей воды определяется с помощью водомеров или расходомеров с диафрагмами.

Наиболее простым и распространенным прибором для определения количества воды, проходящей по водопроводу, является скоростной водомер.

Водомер следует выбирать, руководствуясь его пропускной способностью, указанной в каталогах и технической характеристике

завода. Водомеры изготавливаются для диаметров труб от 50 до 1000 мм. Максимальное давление воды для скоростных водомеров устанавливается 15 кг/см^2 .

Водомеры с вертикальной вертушкой применяются при расходе воды до $6 \text{ м}^3/\text{час}$ и устанавливаются только в горизонтальном положении. Водомеры с горизонтальными вертушками приспособлены для установки в горизонтальном, вертикальном и наклонном положениях и предназначены для учета расходов воды до $600 \text{ м}^3/\text{час}$.

Для измерения силы тока, напряжения и количества израсходованной электроэнергии применяются электронизмерительные приборы, а для защиты электротехнических установок, для блокировки и автоматики применяются приборы (реле), реагирующие на повреждение или на ненормальный режим в электрической установке (перегрузка, понижение напряжения и т. д.), или участвующие в автоматическом включении и выключении агрегатов.

Для соблюдения норм расхода электроэнергии в компрессорной станции обязательно должен быть организован учет расхода электроэнергии.

При питании электродвигателей компрессоров и другого оборудования компрессорной станции с шин подстанции отдельными фидерами или общим фидером может быть предусмотрен учет расхода активной электроэнергии на отходящем фидере подстанции. Отдельный учет электроэнергии по агрегатам необязателен. Для синхронных двигателей желательно вести отдельный учет как активной, так и реактивной энергии. Каждый синхронный двигатель оснащен в статорной цепи амперметром и ваттметром, в роторной цепи — амперметром и вольтметром.

Если распределительное устройство размещается вне машинного зала, то предусматриваются два амперметра в статорной цепи: один амперметр устанавливается на подстанции, а другой — на посту управления двигателем.

Установка вольтметра в роторной цепи для электродвигателей до 1000 кВа не является обязательной. Фазометры могут устанавливаться только для крупных двигателей (свыше 1000 кВа). Установка ваттметров рекомендуется только для крупных асинхронных двигателей (более 1000 кВа).

Учет электроэнергии является обязательным и осуществляется:

- 1) для синхронных двигателей — счетчиками активной и реактивной энергии;
- 2) для асинхронных двигателей — счетчиками активной энергии.

3. ЩИТЫ УПРАВЛЕНИЯ И СХЕМЫ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

В компрессорных станциях с большим количеством компрессорных установок и измерительных приборов трудно контролировать работу каждой компрессорной установки по показаниям местных приборов. Для сокращения штатов и удобства наблюдения целесообразно сосредотачивать контрольно-измерительные приборы в опре-

деленных пунктах контроля и управления, размещая их на специальных теплотехнических щитах.

Применяются индивидуальные, групповые, блочные и центральные теплотехнические щиты.

Индивидуальные, групповые и блочные теплотехнические щиты контроля и управления должны устанавливаться в машинном зале компрессорной станции в пунктах пребывания дежурного персонала.

В крупных компрессорных станциях устанавливаются центральные щиты, на которых сосредотачиваются приборы контроля за работой всех компрессорных установок.

По своему устройству теплотехнические щиты бывают шкафными (закрытыми) и панельными (открытыми). Щиты устанавливаются на полу (полногабаритные) или крепятся на стене (малогабаритные). Малогабаритные щиты приспособлены только для индивидуальных компрессорных установок.

Щиты изготавливаются из листовой стали толщиной 3—4 мм.

Шкафные щиты типа ЩШ снабжаются дверьми (одной или двумя), расположенными с боковых сторон или в задней стенке и имеют высоту 2250 мм, длину 600, 900, 1100 и 1400 мм, ширину 500, 850, 1000 и 1200 мм. Малогабаритные щиты типа ЩШМ имеют высоту 600, 900 и 1100 мм, длину 400, 600 и 900 мм и ширину 350 и 450 мм.

Кроме шкафных щитов широко применяются в компрессорных станциях панельные полногабаритные щиты типа ЩП. Высота и длина их такая же, как и щитов типа ЩШ; ширина их без боковой стенки равна 45 мм, а с боковой стенкой — 400 мм.

Для размещения аппаратуры дистанционного управления, сигнализации, переключателей и других устройств можно применять шкафы или пульты.

Размещение приборов на щитах и компоновка щитов зависят от количества приборов, принятой схемы управления работой компрессорной станцией и степени ее автоматизации. Места размещения приборов теплотехнических измерений, осуществляемых на компрессорных установках с помощью контрольно-измерительных приборов, а также предельные показатели измеряемых параметров указываются на принципиальных схемах теплотехнического контроля.

Схема теплотехнического контроля выполняется обычно на базе принципиальной технологической схемы, на которой посредством общепринятых условных обозначений указывается размещение необходимых контрольных и измерительных приборов, а также устройств сигнализации. При выполнении принципиальных технологических схем контроля и сигнализации применяются условные обозначения, приведенные в приложении III.

На схемах теплотехнического контроля работы компрессорной установки указываются количество и расположение мест измерения; род измеряемых величин (давление, температура, расход), количество и тип вторичных измерительных приборов и датчиков; пункты установки вторичных приборов и датчиков; параметры или пределы

измерения приборов; количество и местонахождение (на щите или пульте) переключателей и кранов для соединения измерительных приборов; размещение аппаратуры технологической сигнализации и т. п.

Принципиальная технологическая схема теплотехнического контроля и сигнализации для одной компрессорной установки приведена на фиг. 109. Часть приборов устанавливается по месту, т. е. непосредственно на оборудовании, а часть выносится на щит контроля управления. Расположение контрольно-измерительных приборов на щите показано на фиг. 110.

В компрессорных станциях, где применяются схемы автоматики, расстановка контрольно-измерительных приборов должна быть увязана с приборами автоматики. На фиг. 111 приведена принципиальная схема расстановки контрольных и измерительных приборов автоматизированной компрессорной станции рудоуправления треста «Ленинруда» в г. Кривом Роге [46].

Все установленные на станции контрольно-измерительные приборы можно разделить на указывающие (милливольтметры, логометры, амперметры и вольтметры), указывающие и сигнализирующие (электроконтактные манометры, манометрические термометры) и контрольно-релейные (температурные реле и реле давления), а также самопишущие (манометры, расходомеры).

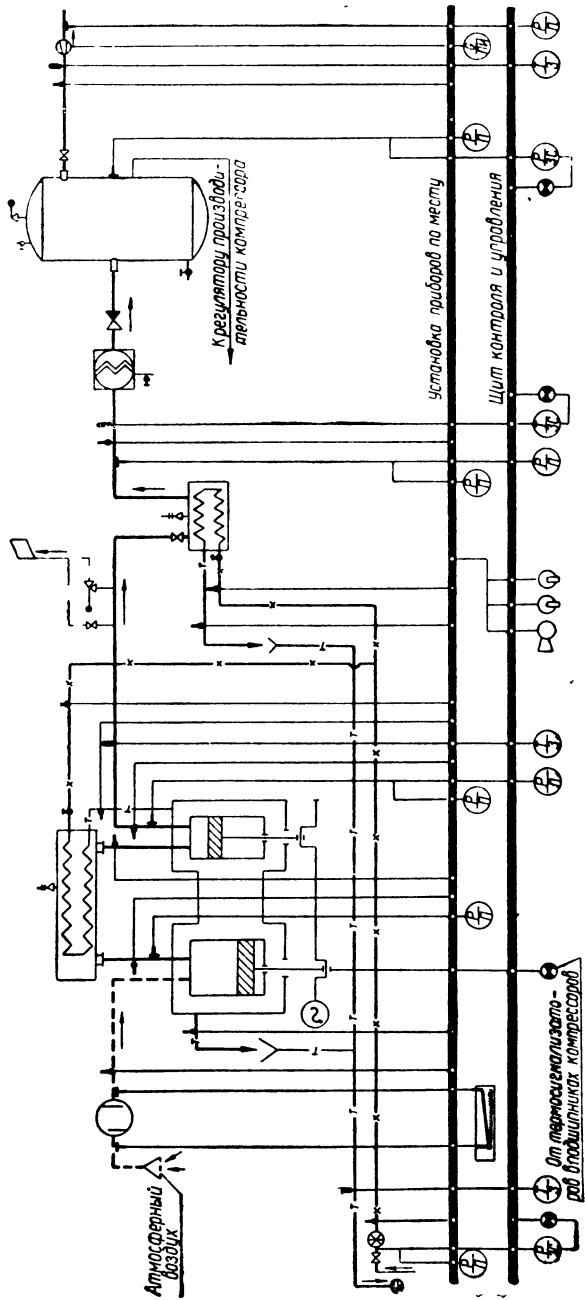
Для привлечения внимания дежурного персонала к ненормальностям в состоянии оборудования или технологических параметров служит предупреждающая и аварийная сигнализация.

Предупреждающая сигнализация подается продолжительным звонком и включением соответствующей лампы на сигнальном табло при:

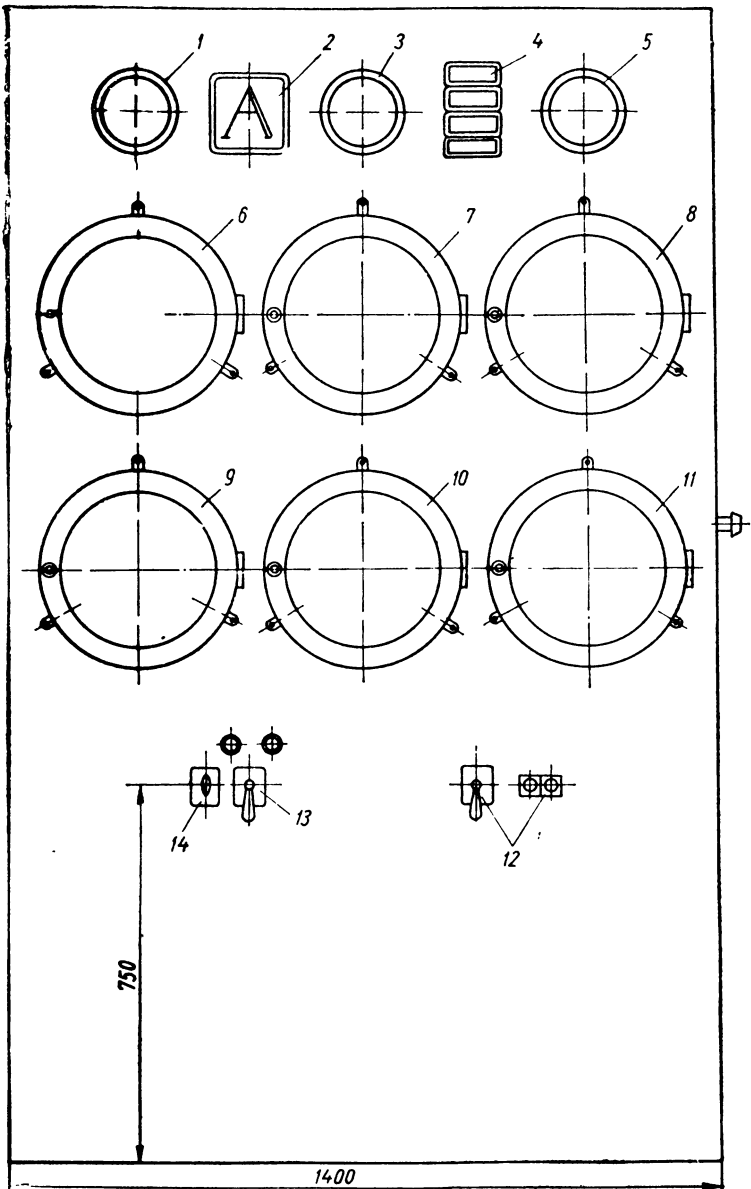
- 1) нагреве коренных подшипников свыше $60-65^{\circ}$;
- 2) снижении давления масла в циркуляционных системах смазки до величины менее $0,5-1 \text{ кг/см}^2$;
- 3) давлении воздуха в промежуточном охладителе при установившемся режиме работы ниже $1,2$ или выше $2,8 \text{ кг/см}^2$;
- 4) исчезновении напряжения на панелях автоматики;
- 5) автоматическом вводе резервного насоса;
- 6) отклонении уровня воды в бассейнах градирен на 200 мм выше или ниже заданной величины.

Аварийная сигнализация подается прерывистым звонком во всех случаях аварийного отключения компрессоров. Звуковые сигналы выключаются централизованным нажатием специальной кнопки. Световые сигналы остаются до устранения причины, вызвавшей их появление.

Кроме принципиальных технологических схем теплотехнического контроля и сигнализации и электрических схем при проектировании, монтаже и эксплуатации используются также коммутационные схемы, т. е. схемы, на которых изображаются соединительные провода и трубки (например, прокладываемые внутри щита и т. п.).



Фиг. 109. Принципиальная технологическая схема теплотехнического контроля и сигнализации компрессорной установки.



Фиг. 110. Расположение контрольно-измерительных приборов на щите типа ЩП-ПД для контроля и управления одной компрессорной установкой с компрессором марки 160 В-20/8:

1 — давление воздуха за второй ступенью компрессора, 2 — сила тока электродвигателя компрессора; 3 — давление воздуха за конечным охладителем; 4 — табло технологической сигнализации, 5 — давление воздуха в магистральном трубопроводе, 6 — температура воздуха за второй ступенью компрессора; 7 — температура воздуха за конечным охладителем; 8 — температура воздуха в магистральном трубопроводе; 9 — давление охлаждающей воды у входа в компрессорную станцию; 10 — температура охлаждающей воды на сливе из охладителей; 11 — давление воздуха в воздухо-сборнике; 12 — ключ и кнопки опробования и съема сигнализации; 13 — ключ управления двигателем компрессора; 14 — переключатель съема защиты.

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ

1. ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ В КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЯХ

Комплексная автоматизация пока еще не нашла широкого применения на воздушных компрессорных станциях. Однако работы в этой области ведутся. Автоматизация компрессорных установок повышает их к. п. д., увеличивает надежность работы, улучшает условия труда обслуживающего персонала, сокращая его количество. С помощью средств автоматизации:

1) осуществляется (автоматически) тепловой контроль производства сжатого воздуха посредством указывающих или регистрирующих приборов, обеспечивающих (автоматически) непрерывный контроль за процессом сжатия воздуха, анализ работы оборудования и всей компрессорной станции;

2) регулируется работа компрессорных установок путем автоматического поддержания величин регулируемых параметров постоянными или автоматически производится необходимое изменение их,

3) автоматически и дистанционно управляются регулирующие или запорные органы агрегатов, механизмов и коммуникаций;

4) производятся автоматические пуски или остановки вспомогательного и резервного оборудования;

5) защищаются (автоматически) оборудования от ошибочных действий персонала; случайных самовключений машин и приборов, при авариях с другими элементами установки получения сжатого воздуха, а также при ненормальных режимах работы агрегатов, систем водоснабжения и смазки.

Расходы, связанные с применением автоматизации в компрессорной станции, быстро окупаются. Автоматизацию управлением компрессорных станций следует производить в зависимости от необходимого объема автоматизации, подтвержденного технико-экономическим анализом, а также соображениями повышения надежности работы оборудования.

Следует иметь в виду, что автоматизация и контроль работы оборудования повышают надежность и экономичность компрессорной станции только при условии правильного и безотказного действия всех автоматизирующих устройств и измерительных приборов.

Для небольших компрессорных станций целесообразно применять частичную автоматизацию и сигнализацию, в которых можно осуществлять:

1. Автоматическое включение и отключение компрессоров с автоматическим вводом и выводом пусковых реостатов в зависимости от величины давления воздуха в воздухохраниках.

2. Автоматическое отключение компрессоров в случаях:

а) повышения температуры сжатого воздуха;

- б) повышения температуры охлаждающей воды;
- в) повышения температуры масла;
- г) повышения уровня масла в картере компрессора или при недостаточном давлении масла;
- д) перегрузки привода двигателя компрессора или повреждения одной из фаз.

3. Автоматическую продувку масलोвоотделителей.

2. АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Регулирование производительности компрессорной станции является одним из важнейших условий нормальной и экономичной работы компрессорной станции и сводится к установлению такой подачи компрессора Q_n , которая равна расходу воздуха в данный момент Q_p , т. е. $Q_n = Q_p$.

Количество воздуха, подаваемого компрессором в сеть, можно изменять различными способами (см. гл. IV). Обычно при снижении расхода воздуха в магистральной сети уменьшение количества воздуха, подаваемого компрессором в сеть, осуществляется автоматическим регулятором производительности.

Однако при наличии нескольких компрессорных установок, работающих на одну сеть, применение только регуляторов производительности без автоматического регулирования производительности в соответствии с изменениями нагрузки на компрессорную станцию малоэффективно и затруднительно для обслуживающего персонала, которому то и дело приходится следить за регуляторами. Поэтому необходимо применять автоматическое регулирование, основные положения которого следующие:

1) выключение компрессоров должно производиться последовательно, по мере уменьшения нагрузки на компрессорную станцию на величину производительности каждого компрессора;

2) включение компрессоров должно производиться при повышении нагрузки сверх суммы номинальных производительностей работающих компрессоров;

3) импульс давления к регулятору производительности, установленному на каждом компрессоре, должен поступать от соответствующего воздухохранилища, на который работает компрессор; этим достигается то, что незначительные и кратковременные изменения нагрузки на компрессорную станцию будут восприниматься регулятором работающего компрессора, не затрагивая систему автоматизации компрессорной станции;

4) импульсы давлений для автоматического включения и выключения компрессоров при изменениях нагрузки на величину производительности компрессора должны браться из напорной пневмосети, обычно за диафрагмой расходомера.

Для разработки системы автоматического регулирования производительности компрессорной станции необходимо:

- 1) построить суточный график нагрузки на компрессорную стан-

цию, который строится на основании замеров расходов воздуха в разное время суток (см. гл. IV);

2) построить график давлений в воздухопроводе, идущем от компрессорной станции до крайнего потребителя по методу, изложенному в гл. IV;

3) определить по совмещенному графику давлений и нагрузок точки отбора импульсов давлений, при которых происходят автоматическое включение и выключение каждого компрессора;

4) составить таблицу, в которой указать последовательность ручных и автоматических включений и выключений компрессоров в зависимости от импульсов давлений.

Для того чтобы система автоматики работала хорошо, необходимо у потребителей с мгновенными пиками расхода (например, воздушных молотов) устанавливать надлежащей емкости воздухохранилища (аккумуляторы), выравнивающие мгновенные колебания давлений.

3. ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИКИ В СИСТЕМЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ

Большие расходы воды в крупных компрессорных станциях требуют внедрения автоматики в системах водоснабжения с целью уменьшения расхода воды. Приборы и средства автоматики используются для: выключения воды, идущей на каждый компрессор спустя 10 мин. после выключения компрессора; включения подачи воды не менее чем за 0,5 мин. до включения компрессора; регулирования подачи воды на охлаждение воздуха и масла в зависимости от температур охлаждаемых сред (или охлаждающей воды); автоматического включения и выключения насосов системы оборотного или прямодействующего водоснабжения компрессорной станции

Автоматический контроль за поступлением воды в систему охлаждения компрессоров и сжатого воздуха в охладителях можно осуществлять с помощью приборов, которые устанавливаются в местах истечения воды из рубашек цилиндров и охладителя и работают по следующему принципу: при прекращении истечения воды из компрессора включается вначале аварийная сигнализация, а затем останавливается компрессор.

4. АВТОМАТИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА И БЛОКИРОВКА

При опасном изменении условий работы, грозящем аварией в компрессорной станции, должны сработать устройства автоматической защиты, останавливающие компрессор или иным способом предотвращающие аварию

Приборы автоматической защиты должны одновременно с остановкой компрессора включать сигнализацию.

Автоматические защитные устройства (механические и электрические) должны выполняться так, чтобы исключалась возможность повреждения оборудования и приборов при их нормальной работе, а также в случае неисправности одного из элементов защиты

Защитное устройство и схема включения его должны быть просты и недороги в изготовлении.

Автоматическая защита должна сработать при повышении температуры и давлений воздуха, воды и масла выше допустимых; при прекращении поступления воды в охладители и в компрессоры, а также масла в механизмы движения; при выходе из строя элемента компрессорной установки, влияющего на нормальную работу смежных установок.

Автоматическую защиту и блокировку обычно разрабатывают в электротехнической части проекта компрессорной станции.

Для предупреждения аварий, могущих возникнуть вследствие нарушения нормального режима работы, а также с целью облегчения эксплуатации компрессорных установок Всесоюзным научно-исследовательским институтом техники безопасности (ВНИИТБ быв. Министерства нефтяной промышленности СССР) разработан «Компрессорный автомат», посредством которого отключается электродвигатель компрессора при повышении давления и температуры после второй и третьей ступеней компрессора выше установленных величин и подается звуковой сигнал при падении давления в магистрали охлаждающей воды.

Основными элементами компрессорного автомата являются температурный датчик типа ТГ-278 и датчик давления сжатого воздуха.

В качестве датчика давления применяются электроконтактные манометры, устанавливаемые после второй и третьей ступеней компрессора.

Целесообразно установить прибор автоматической защиты (температурное реле ТР-200 или контактный термометр) в картере компрессора. При повышении температуры масла выше допустимого предела реле разомкнет цепь и остановит компрессор. Защита электродвигателей осуществляется с помощью тепловых реле в цепи двигателя.

5. АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ

Современные компрессорные станции должны быть оснащены приборами и устройствами автоматической производственной сигнализации с целью:

1) облегчения обслуживания компрессорных установок путем уведомления обслуживающего персонала о недопустимых изменениях режима работы, авариях, остановке оборудования и механизмов, о положении запорных органов трубопроводов, о включении машин и приборов в действие;

2) передачи сигнала с одного поста на прибор автоматики для управления другим постом.

Под производственной сигнализацией понимаются устройства и приборы, подающие звуковой или световой сигнал обслуживающему персоналу для уведомления его об имеющих место ненормальностях в работе оборудования или механизма.

Производственная сигнализация состоит из:

1) предупредительной сигнализации, предупреждающей обслуживающий персонал о нежелательном изменении условий работы машины еще до того, как произойдет срабатывание автоматической защиты; предупредительная сигнализация особенно нужна там, где нет аварийной защиты;

2) аварийной сигнализации, указывающей, какая именно величина изменилась настолько, что вызвала срабатывание автоматической защиты; аварийная сигнализация необходима для того, чтобы указать на опасное изменение рабочих условий и объяснить причину остановки компрессора;

3) исполнительной сигнализации, указывающей на включение двигателей и приборов.

Объем сигнализации, устраиваемый при электротехническом обслуживании, обычно предусматривается следующий:

1) сигнализация положения масляных выключателей, автоматов и контакторов;

2) сигнализация контроля цепей оперативного тока и цепей управления;

3) сигнализация перевода на местное управление;

4) сигнализация перегрева подшипников компрессоров, насосов и электродвигателей;

5) сигнализация действия газовой защиты и контроля температуры силовых трансформаторов;

6) сигнализация отключения от внутренних повреждений и аварийного отключения трансформаторов;

7) сигнализация нарушения питания собственных нужд подстанции, неисправности в цепях трансформаторов напряжения, контроля изоляции сети постоянного тока, контроля изоляции шин 6—10 кв.

Подача сигнального импульса с контролируемого поста на пост наблюдения за работой компрессорной установки осуществляется с использованием сигнального параметра, т. е. параметра, по которому ведется контроль за соблюдением нормального режима работы. Обычно импульс передается приборам и устройствам, подающим звуковой или световой сигнал обслуживающему персоналу.

Аварийные и аварийно-предупредительные системы сигнализации указывают на наступление аварийного состояния из-за значительного изменения предельного параметра, при котором следует останавливать установку, или когда сработала автоматическая защита.

Исполнительная сигнализация указывает на выполнение какой-то функции (например, включение компрессора или прибора) от полученной им другого автоматического сигнального устройства.

Система сигнализации в небольших компрессорных станциях должна быть простой, дешевой и обеспечивать аварийно-предупредительный контроль по наиболее ответственным параметрам.

При отсутствии особых условий и требований в малых компрес-

сорных станциях должен быть следующий минимум сигнальных схем для контроля:

- 1) температуры сжатого воздуха, выходящего из последней ступени компрессора и нагнетаемого в сеть;
- 2) температуры охлаждающей воды на выходе из компрессора и конечного охладителя;
- 3) давления сжатого воздуха на выходе из последней ступени компрессора;
- 4) давления охлаждающей воды, поступающей в компрессор и в конечный охладитель;
- 5) давления масла в картере компрессора.

На фиг. 109 приведена технологическая принципиальная схема контрольно-измерительных приборов и сигнализации.

Требуемое количество, характер сигналов и их радиус действия зависят от технологической схемы компрессорной станции.

Количество устанавливаемых в компрессорной станции приборов, подающих аварийно-предупредительные сигналы, зависит от мощности компрессорных установок и от степени важности непрерывной работы компрессорной станции.

Автоматическая сигнализация в компрессорных станциях базируется на электрических или пневматических устройствах и электрических или других связях.

6. НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ОПЫТА АВТОМАТИЗАЦИИ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ

Электронная аппаратура и различные приборы контроля и автоматики позволяют разрабатывать и внедрять на практике схемы автоматизации управления работой стационарных компрессорных установок.

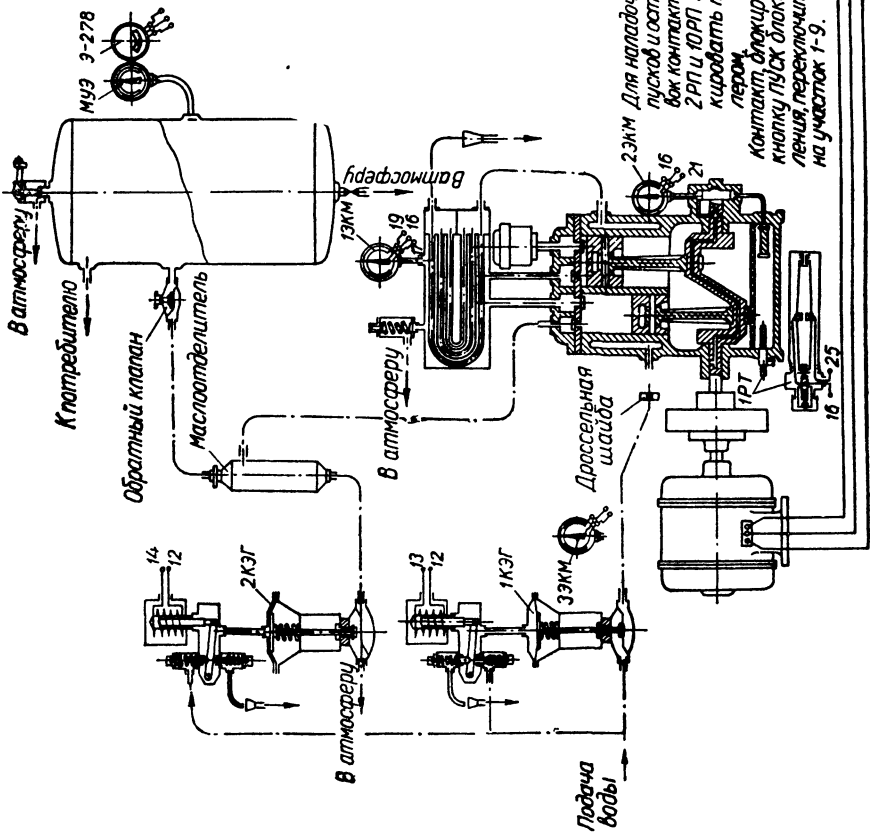
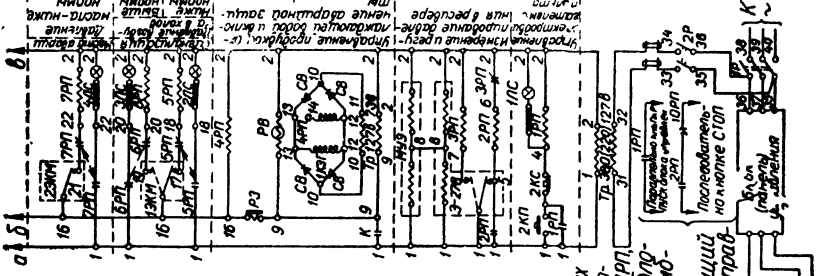
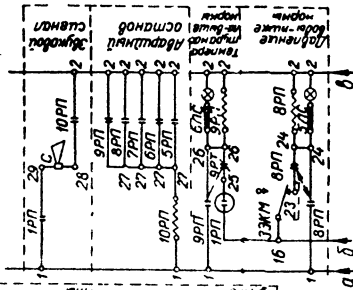
На Грозненском электромеханическом заводе компрессорная станция, оборудованная двумя компрессорами 200В-10/8, работает без дежурного персонала.

Научно-исследовательским институтом химического машиностроения [24] разработана схема размещения и включения элементов автоматики для компрессора с асинхронным короткозамкнутым электродвигателем (фиг. 112).

Включением рубильников *1Р* и *2Р* подается напряжение на цепи управления и блок управления электродвигателем. Нажатием кнопки *2КП* (участок *1—3*) промежуточное реле *1РП* ставится на самопитание, замыкая свой другой контакт в цепи катушки контактора блока управления. Если при этом давление в воздухохранильнике ниже максимального для данной установки (реле *2РП* включено), то контактор включает двигатель, одновременно замыкая блок-контакт на участке *1—9*. В результате этого включается электрогидравлический клапан *1КЭГ*, открывающий доступ воды к компрессору, и реле *РВ*, которое по истечении времени разгона через реле *4РП* включает электрогидравлический клапан *2КЭГ* переключающий компрессор с холостого хода на подачу воздуха в воздухохранильник. Одновременно реле времени, замыкая контакт на участке *9—16*, ставит под напряжение

Таблица
использования контактов
табл промежуточных реле

Реле	Но	И.З.	Параллельные
1РП	3		
2РП	2		
3РП	1		
4РП	1		
5РП	1		
6РП	1		
7РП	1		
8РП	1		
9РП	1		
10РП	1		



Фиг. 112 Схема НИИХИММАШ размещения и включения элементов автоматики для компрессора с асинхронным короткозамкнутым электродвигателем.

устройства защиты от аварии. С этого момента в случаях повышения или понижения давления в промежуточном охладителе, прекращения подачи воды, понижения давления или повышения температуры масла соответствующий датчик включает промежуточное реле (5РП-9РП), которое становится на самопитание, отключает датчик, включает лампу, сигнализирующую о месте аварии, и включает катушку промежуточного реле 10РП. Реле НЗ контактом разрывает цепь катушки контактора, в результате чего двигатель останавливается, а другим реле НО контактом включает звуковой сигнал.

Цепь звукового сигнала контактом реле 1РП подготавливается при нажатии на кнопку «Пуск» (2КП), что дает возможность нажатием на кнопку «Стоп» (2КС) снять звуковой сигнал, оставив световой до выяснения причины аварийной остановки.

Регулирование и измерение давления в воздухохоборнике производятся комплектом, состоящим из первичного прибора МУЭ и вторичного — Э-278, связанных индукционной передачей.

Прибор Э-278 имеет контактное устройство, которое при понижении давления заданного минимума через реле 2РП включает катушку контактора (пускает двигатель), а при повышении давления до заданного максимума через реле 3РП обесточивает катушку реле 2РП и останавливает двигатель.

При всех остановках двигателя в результате размыкания блок-контакта контактора на участке 1—9 происходит отключение клапанов 1КЭГ и 2КЭГ, т. е. прекращается подача воды, и компрессор подготавливается к облегченному пуску.

Для возвращения схемы в исходное положение после аварийной остановки необходимо отключить рубильник, устранить аварию и затем снова включить его. Остановка производится нажатием кнопки «Стоп».

Для компрессора с синхронным электродвигателем схема автоматизированного привода остается такой же, за исключением блока управления (из-за различия пусковых схем самих электродвигателей).

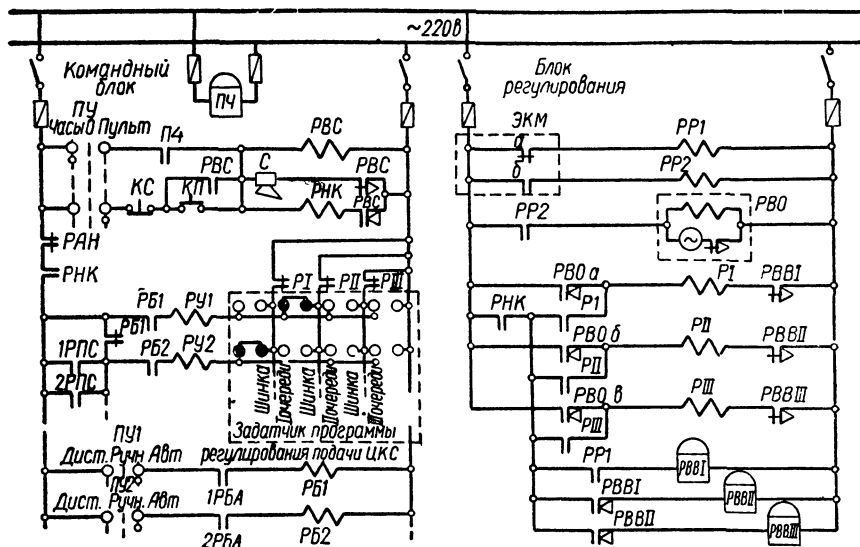
Предприятием Югметаллургавтоматика в содружестве с трестом «Ленинруда» выполнены работы по автоматизации центральной компрессорной станции рудоуправления треста «Ленинруда» в г. Кривом Роге [46].

Центральная компрессорная станция (ЦКС) оборудована пятью компрессорами 55-В производительностью по 100 м³/мин и тремя компрессорами Ингерсоль-Ранд производительностью 37, 60 и 100 м³/мин. Все компрессоры поршневые, двухступенчатые, двойного действия, горизонтальные, работают на один сборный коллектор сжатого воздуха. При компрессорной станции имеется трехагрегатная насосная и две градирни циркуляционной системы водяного охлаждения.

Схемы автоматики осуществляют автоматический пуск и остановку станции в заранее заданные моменты времени, автоматически поддерживают давления сжатого воздуха в коллекторе в заданных пределах, сигнализируют о ненормальных режимах работы компрес-

сорных и насосных агрегатов и автоматически отключают агрегаты в аварийных случаях.

На фиг 113 представлена принципиальная схема управления и регулирования производительности компрессорной станции. Запуск компрессорной производят программные часы ПЧ, при замыкании контакта которых включаются реле времени сигнализации РВС и гудок С. По истечении выдержки времени (около 15 сек.) реле РВС



Фиг. 113. Принципиальная схема управления и регулирования производительности компрессорной станции.

(его переключающий контакт) разрывает цепь гудка С и включает командное реле РНК, запускающее насос водяного охлаждения и одновременно замыкающее контакт в цепях командного блока. По достижении достаточного давления охлаждающей воды замыкается нормально замкнутый контакт реле контроля давления РАН и подает питание на узел управляющих (РУ) и блокировочных (РБ) реле. Включаются блокировочные реле командного блока — РБ1, РБ2 и т. д., цепи которых подготовлены замыканием контактов реле (1РБА, 2РБА и т. д.) к работе на автомате. Включается реле РУ1 и подает импульс на пуск компрессорного агрегата. После синхронизации двигателя агрегата № 1 промежуточное реле 1. ПС подает питание на катушку реле РУ2, которое подает импульс на пуск второго компрессорного агрегата, и т. д. до пуска всех компрессоров. Процесс пуска всей компрессорной станции занимает около 2,5 мин.

Давление сжатого воздуха в сборном коллекторе поддерживается автоматически приблизительно в пределах 6,7—7,2 кг/см² 18*

(установки манометра, регулирующего давление сжатого воздуха, настраиваются на более узкие пределы 6,8—7,1 кг/см²).

Регулирование в первую очередь обеспечивается имеющимися на трех компрессорах пятиступенчатыми регуляторами производительности. По исчерпанию 50 % диапазона такого регулирования (около 100 м³/мин), если давление в сборном коллекторе, увеличиваясь, достигает 7,1 кг/см², замыкается нормально открытый контакт б электроконтактного манометра ЭКМ и включает промежуточное реле РР2. Подается питание на многоцепное моторное реле времени ВВО (типа ВВТ-1200), которое с выдержками 1: 2,5 и 4 мин. последовательно замыкает свои контакты в цепях промежуточных реле РI, РII и РIII. Последние размыкают свои нормально замкнутые контакты в схеме командного блока, лишая питания реле управления компрессоров, включенные с помощью специального задатчика соответственно на I, II и III очереди регулирования. Это приводит к отключению компрессоров. Обычно отключаются 1—2 компрессора. При снижении давления меньше 7,1 кг/см² до истечения заданного времени дальнейшее отключение приостанавливается.

Порядок отключения и включения компрессоров для регулирования производительностью устанавливается машинистом на специальном задатчике, имеющем гнезда I, II и III очереди. Установкой двухполюсных вилок соответствующих компрессоров в гнезда очередности задается любой желаемый порядок работы схемы регулирования.

При снижении давления сначала полностью загружаются разгруженные компрессоры. Если же давление воздуха в сборном коллекторе упадет до нижнего регулируемого уровня — 6,8 кг/см², замкнется нормально замкнутый контакт а электроконтактного манометра ЭКМ и включится промежуточное реле РРI. Это реле подает напряжение на реле времени РВВI, которое через определенное время (1 мин.) разомкнет нормально замкнутый контакт в цепи реле РI, лишая его питания, и включит реле времени РВВII, начинающее отсчитывать выдержку времени (~1,5 мин).

Отпавшее реле РI в схеме командного блока подаст напряжение на шинку I очереди, что приведет к включению реле управления РУ компрессора, штепсельная вилка которого на задатчике установлена на очереди I (на фиг. 113—реле РУ2). Реле управления РУ, включаясь, передает импульс на включение своего компрессора.

Если происшедшего увеличения подачи сжатого воздуха недостаточно для повышения давления выше нижней установки электроконтактного манометра — 6,8 кг/см², то при наличии других ранее отключенных схемой регулирования компрессоров II и III очереди они включаются с выдержкой времени, определяемой настройкой реле времени РВВII и РВВIII. Работа автоматически прекращается тотчас же, как только давление сжатого воздуха превысит нижнюю границу электроконтактного манометра. При этом размыкается кон-

такт *a* электроконтактного манометра ЭКМ, отключается реле РР1 и выключает каскад реле времени РВВ1, РВВ2 и РВВ3.

Схему регулирования легко настроить и на другие пределы давления, выбор которых определяется графиком потребления сжатого воздуха, наличием резерва по производительности станции и диапазоном регулирования компрессорных агрегатов.

Остановка компрессорной станции происходит, когда программные часы размыкают контакт, отключая реле РНК, которое отключает реле управления всех компрессоров.

Компрессоры начинают одновременно разгружаться и по окончании разгрузки отключаются. Насосный агрегат автоматически отключается с остановкой последнего из компрессоров.

При помощи переключателя ПУ компрессорная станция может быть переведена на ручное управление кнопками КП и КС.

До внедрения автоматизации на рассматриваемой компрессорной станции за нагнетательными патрубками компрессоров были установлены две воздушные задвижки: одна — нагнетательная — располагалась между компрессором и ресивером, другая — выхлопная — на воздухопроводе, соединявшем нагнетательный патрубок с атмосферой. Перед пуском и остановкой компрессоры разгружались; машинисты и их помощники вручную открывали выхлопные и закрывали нагнетательные задвижки каждого компрессора и, кроме того, разгружали машины при помощи регуляторов производительности.

При автоматизации была упрощена схема управления компрессорным агрегатом. На нагнетательном воздухопроводе между компрессором и воздухохранилищем был установлен обратный клапан, собранный из двух обычных самодействующих клапанов компрессора. На выхлопе была установлена задвижка с электроприводом. Этим достигнуто упрощение разгрузочных операций. Помимо этого, была исключена станция управления (типа СНЛ-7301) и осуществлен пуск синхронного двигателя с наглухо подключенным возбудителем.

На фиг. 114 изображена принципиальная схема управления компрессорным агрегатом. Приводом компрессора служит синхронный двигатель СДК мощностью 760 *кв*, пускаемый непосредственным подключением к шинам 6 *кв*.

Возможны три рода управления агрегатом: автоматическое, дистанционное и ручное. Автоматическое управление осуществляется без оперативного вмешательства машиниста; дистанционное — при помощи отдельной пусковой кнопки для каждого агрегата с сохранением его автоматического поузлового программного запуска; при ручном управлении синхронный двигатель и все вспомогательные устройства компрессора управляются пооперационно, но также только с помощью кнопок управления.

Для работы агрегата на автоматическом управлении переключатель ПУ должен находиться в положении «авт». В этом случае реле РУ, находящееся на командно-сигнальном щите, управляет агрегатом.

Перед пуском компрессора необходимо выполнить такие подготовительные операции, как разгрузка, подача воды для охлаждения

цилиндров, подача масла в циркуляционные системы смазки подшипников и запуск возбуждательного агрегата.

Замыкание контакта реле РУ при открытой выхлопной задвижке (в этом состоянии она находится после нормальной остановки компрессор:) вызывает включение промежуточного реле РП и далее

Схема питания двигателя компрессора

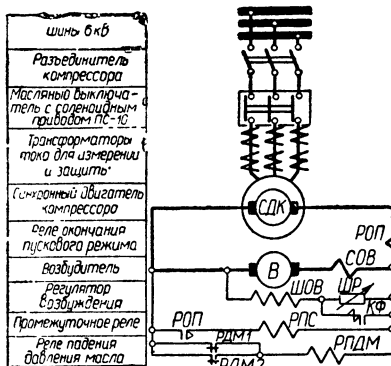


Схема автоматического управления агрегатом -380/220В

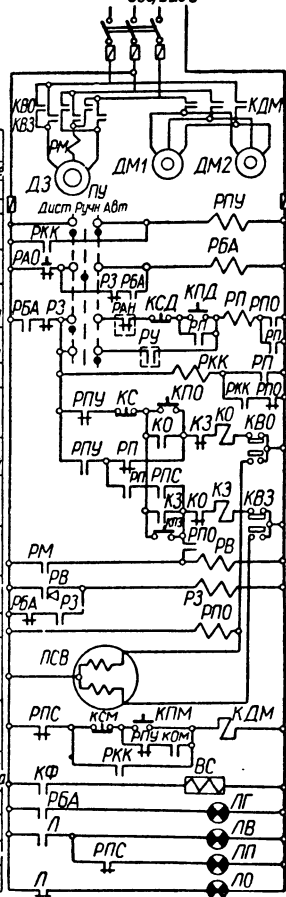


Схема защиты фидера -46В

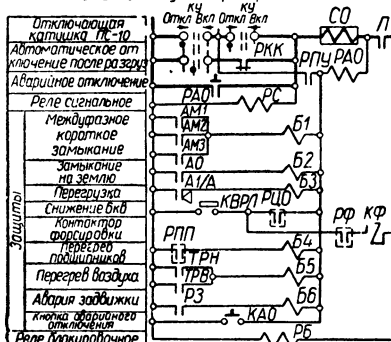
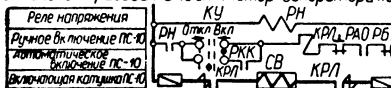


Схема включения привода ПС-10 от мотор-генератора 110В



- Реле защиты двигателя задвижки
- Двигатель задвижки
- Преобразователь
- Реле промежуточное
- Реле блокировочное
- Дистанционное управление агрегатом
- Автоматическое управление агрегатом
- Командное реле компрессора
- Кнопочное управление открытием задвижки
- Автоматическое управление задвижкой
- Кнопочное управление закрытием задвижки
- Реле отпущения от пусковых токов двигателя задвижки
- Реле промежуточного защиты двигателя задвижки
- Реле промежуточное отпущения задвижки
- Прибор, сигнализирующий о крайних положениях задвижки
- Ручное и автоматическое управление масляными насосами
- Сопоставитель вентиля разгрузки компрессора
- Готовность агрегата
- Агрегат включен
- Пусковой режим
- Агрегат отключен

Фиг. 114. Принципиальная схема управления компрессорным агрегатом.

командное реле компрессора РКК, которое дает команду на включение масляного выключателя и насосов предпусковой подачи смазочного масла (на компрессорах, имеющих надежные системы смазки, такая предпусковая подача масла не предусматривалась).

Возбудительный агрегат В включается блок-контактом масляного выключателя и разгоняется одновременно с синхронным двигателем компрессора. При увеличении тока возбуждения токовое реле РОП

(используется реле обрыва поля блока СНЛ-7301) включает повторитель РПС, который с помощью контактов отключает контактор КДМ масляных насосов ДМ1 и ДМ2 и включает контактор КЗ, закрывающий выхлопную задвижку ДЗ; компрессоры загружаются. После закрытия задвижки ее привод отключается конечным выключателем КВЗ.

Отключение реле РУ вызывает остановку компрессора. При этом реле РП также отключается и посылает импульс на включение контактора КО открытия выхлопной задвижки; компрессор начинает разгружаться. В конце открытия задвижки конечный выключатель КВО отключает контактор КО и включает промежуточное реле РПО, которое разрывает цепь питания командного реле РКК и отключает компрессор (см. цепь автоматического отключения компрессора после разгрузки).

При дистанционном управлении можно управлять каждым агрегатом в отдельности с командного щита агрегата. В этом случае переключатель ПУ ставится в положение «дист.»; создается цепь управления реле РП через кнопки дистанционного управления КПД и КСД.

Все операции по пуску и остановке агрегата производятся автоматически в заданной последовательности.

Сохранена также возможность ручного (кнопочного) управления каждым механизмом агрегата в отдельности. Для этого переключатель ПУ ставится в положение «ручн.», чем отключается реле РПУ. При этом создаются цепи ручного управления задвижкой (кнопками КС, КПО и КПЗ) и масляными насосами (кнопками КСМ и КЛМ). Управление приводом масляного выключателя производится ключом КУ на два оперативных положения с самовозвратом в нулевое положение. Им же можно мгновенно отключить агрегат при других видах управления (см. цепи отключающей катушки СО привода ПС-10).

Отдельные узлы агрегата оборудованы защитой от аварийных режимов. Для защиты двигателя задвижки ДЗ в цепь статора двигателя включено максимальное реле РМ. Для отстройки по времени от пусковых токов контакт реле РМ заведен в цепь реле времени РВ (с выдержкой во времени примерно 1 сек). При перегрузке электродвигателя задвижки реле РВ успевают через промежуточное реле РЗ включить реле аварийного отключения РАО. При перегреве воздуха или подшипников соответствующие температурные и промежуточные реле ТРВ, ТРН и РПП также включают реле РАО. Существовавшие электрические защиты АМ1, АМ2, АМЗ, АО и А1/А сохранены. Кроме того, осуществлена групповая форсировка возбуждения при помощи контактора КФ и промежуточного реле РФ с централизованным отключением синхронных двигателей реле РЦО при длительном снижении и напряжении в питающей сети 6 кв.

На командном щите и пульте выполнена сигнализация положения задвижки сигнальным прибором (тип ПС-48), а также световая сигнализация состояния агрегата и готовности схемы автоматики (лампы ЛГ, ЛП, ЛВ и ЛО).

Автоматизация компрессорной станции повысила надежность ее эксплуатации; поддержание давления сжатого воздуха на заданном уровне уменьшает удельный расход электроэнергии на производство сжатого воздуха при улучшенных его параметрах, что также сказывается в повышении эффективности механизмов, работающих на сжатом воздухе; улучшен контроль технологического процесса и состояния машин.

В настоящее время автоматизация требует значительных денежных затрат, однако снижению их может способствовать:

1) снабжение компрессоров, выпускаемых отечественной промышленностью, хорошими устройствами глубокого и экономичного регулирования производительности, допускающими также возможность пуска компрессоров без манипулирования воздушными задвижками, которые должны потерять свои оперативные функции; поставка вновь изготавливаемых компрессоров заводами-изготовителями в комплекте с контрольно-измерительной аппаратурой;

2) освоение выпуска малогабаритных логометров, что позволит уменьшить габариты и стоимость пультов; разработка дешевого и малогабаритного универсального многоточечного (до 10 точек) указывающего и сигнализирующего прибора для контроля за температурой в пределах 35—200° при независимой регулировке компрессорных установок;

3) применение малогабаритных датчиков температуры типа термосопротивлений;

4) отказ от использования оперативного постоянного тока при проектировании новых компрессорных станций, что позволит упростить эксплуатацию и сократить затраты; для этого в первую очередь необходимы надежные приводы переменного тока или пневмоприводы для масляных выключателей.

На Днепропетровском электродном заводе применено автоматическое управление компрессорными установками типа «Борец» [48]. Автоматическое управление построено на зависимости работы компрессора от давления сжатого воздуха в воздухохранильнике. При снижении давления до минимально допустимого происходит пуск компрессора, а при достижении максимального давления — его выключение. При нарушении нормальных условий работы компрессор автоматически выключится, а сигнализация фиксирует, какое изменение параметра вывело машину из рабочего состояния.

Для избежания частых выключений компрессора при изменениях давления в пневмосети в принципиальную схему автоматики введено реле режима, с помощью которого привод компрессора при длительном рабочем цикле не останавливается, а ограничивается лишь нагрузкой на него. По конструкции реле режима представляет собой реле времени, которое настраивается опытным путем посредством выбора наиболее эффективного пограничного режима.

Основная задача автоматизации компрессорных станций состоит в поддержании постоянного давления в сети на оптимальном уровне.

На основе опыта Мытищинского машиностроительного завода по модернизации существующих несовершенных поршневых компрес-

соров институтом Гипроцветмет разработаны системы автоматизации станций с агрегатами 55В и 2ВГ для Дегтярского, Джезказганского и Миргалимсайского рудников. Модернизированы всасывающие клапаны, система регулирования, промежуточный холодильник и система смазки. Конструктивные изменения клапанов дали возможность применить трехступенчатый способ регулирования производительности в пределах от 50 до 100 % за счет изменения добавочного мертвого пространства цилиндров. Для облегчения пуска компрессоров сконструированы специальные разгрузочные приспособления — продувочные вентили на цилиндре высокого давления и пусковой разгрузочный клапан на промежуточном охладителе, которые позволяют отказаться от управляемых пусковых задвижек. У компрессора 5В промежуточный охладитель повернут на 180° и снабжен водосборным карманом, исключающим возможность попадания воды в полость цилиндра высокого давления. Каждый компрессор оборудуется пусковым электрическим масляным насосом.

В схеме управления и регулирования производительности компрессорных станций предусмотрена автоматизация всех операций, за исключением пуска первого компрессора и отключения последнего, а также пуска и остановки насосной. Давление воздуха в общем воздухопроводе регулирует центральный программный двухпозиционный регулятор, который воздействует через импульсный прерыватель на исполнительный механизм, сочлененный с командоаппаратом. При отклонении давления от заданного командоаппарат поворачивается в нужную сторону на определенный угол, размыкая или замыкая цепь реле электрического золотника в воздушной линии соответствующего клапана. При этом отключается или подключается добавочное мертвое пространство регулируемого компрессора, после чего наступает пауза. Если за время этой паузы не восстанавливается нормальное давление, регулятор снова воздействует на реле золотников.

Автоматическое отключение очередного агрегата происходит только после того как данный и следующий агрегаты разгрузятся до 50 % производительности. Включение очередного компрессора произойдет только в том случае, если все работающие машины будут полностью загружены. Очередность включения и отключения компрессоров может быть любой и зависит от заданной программы. Во время перерыва между сменами давление воздуха в сети автоматически снижается.

Компрессоры оснащены комплектом контрольно-измерительных приборов и аппаратурой защиты от ненормальных режимов со звуковой и световой сигнализацией. Однако из-за отсутствия приборов для контроля исправности некоторых ответственных деталей в компрессорной сохраняется один дежурный в смену.

По приблизительным подсчетам экономия от модернизации и автоматизации компрессорной станции установленной мощностью 500 м³/мин составит 600—625 тыс. руб. и затраты на автоматизацию окупятся за полгода.

ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ ПРОЕКТНЫХ РАБОТ

1. НАЗНАЧЕНИЕ ПРОЕКТА И СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Строительство стационарных компрессорных станций, как и всякое строительство, осуществляемое в нашей стране, требует полной и качественной проектно-сметной документации.

При проектировании компрессорной станции решаются следующие основные вопросы:

1) определяется стоимость строительства компрессорной станции и затраты по ее эксплуатации;

2) устанавливаются размеры здания и сооружений компрессорной станции, а также место расположения их на генеральном плане промышленного предприятия;

3) разрабатываются схемы производства сжатого воздуха, способов очистки всасываемого воздуха, технического водоснабжения, электроснабжения, контроля и автоматики;

4) определяются источники получения энергии, воды, тепла и т. п.;

5) устанавливается взаимосвязь между компрессорной станцией и другими сооружениями промышленного предприятия;

6) предусматриваются подъездные пути и внешние инженерные коммуникации;

7) выполняются графические работы (чертежи) и другая техническая документация для осуществления строительных и монтажных работ.

Решение этих вопросов осуществляется в известной последовательности и в объеме, установленном инструкцией [11].

В инструкции даны основные указания о порядке организации проектных работ, стадийность проектирования, объемы работ по каждой стадии, порядок утверждения проектов и смет.

В соответствии с инструкцией по составлению проектов и смет проектирование компрессорных станций ведется по двум стадиям: проектное задание со сводным сметно-финансовым расчетом и рабочие чертежи со сводной сметой. В исключительных случаях проектирование ведется по трем стадиям: проектное задание, технический проект и рабочие чертежи.

Двухстадийное проектирование компрессорных станций ведется при наличии и возможности использования типовых проектов или в случаях повторного использования имеющихся экономичных подобных проектов компрессорных станций.

При трехстадийном проектировании последовательно выполняются: проектное задание со сводным сметно-финансовым расчетом, технический проект со сводной сметой и рабочие чертежи.

Трехстадийное проектирование допускается при отсутствии и невозможности использования типовых и имеющихся аналогичных проектов, проектировании объектов с новым неосвоенным производством

или сложным технологическим процессом, проектировании зданий и сооружений особой строительной сложности.

Число стадий проектирования устанавливается инстанцией, утверждающей задания на проектирование.

Инструкцией категорически запрещается разработка проектов по объектам, на которые имеются типовые утвержденные проекты.

Проектное задание выполняется с целью выявления технической возможности и экономической целесообразности предполагаемого строительства в данном месте и в намеченные сроки, обеспечения правильного выбора площадки для строительства, источников снабжения строящейся компрессорной станции электроэнергией, водой и теплом, а также для принятия основных технических решений, определения общей стоимости строительства и основных технико-экономических показателей.

Выбор площадки для строительства и проведение связанных с ним изысканий и обследований входят в комплекс работ по составлению проектного задания и включаются в планы работ проектных организаций.

Проектирование компрессорной станции ведется в двух случаях: в первом случае, когда выполняется комплексный проект предприятия и решается вопрос воздухообеспечения предприятия, и во втором случае, когда компрессорная станция рассматривается как отдельный объект титула строительства. В первом случае решаются следующие вопросы:

1) определение числа компрессорных станций на данном предприятии;

2) выбор и установление давления, температуры и расходов воздуха для каждой станции;

3) определение количества и типов компрессоров, выбор привода и вспомогательного оборудования компрессорной станции;

4) водоснабжение станции;

5) контроль и автоматика;

6) величина капитальных затрат и эксплуатационные расходы;

7) потребности в электроэнергии, воде и рабочей силе;

8) определение габаритов здания;

9) определение расхода пара;

10) выявление объемов строительных работ.

Во втором случае отпадает первый пункт, второй пункт переходит из категории «вопросов» в категорию данных, а в остальном решаются те же вопросы, что и в первом случае.

При этом вместо габаритных размеров станции даются эскизные чертежи и компоновка оборудования в масштабе 1 : 100.

Проектное задание на компрессорную станцию промышленного предприятия должно содержать общерасчетную пояснительную записку и чертежи.

В пояснительной записке указываются:

1) потребители сжатого воздуха по отдельным цехам, средние и максимальные расходы сжатого воздуха по всему заводу;

2) расчетная, максимальная длительная и максимальная возможная производительности компрессорной станции;

3) мощности установленных компрессорных агрегатов;

4) характеристика площадки строительства с указанием на генеральном плане промышленного предприятия места расположения компрессорной станции, а также расположение проектируемых, существующих, реконструируемых и подлежащих сносу зданий и сооружений, транспортных путей, основных инженерных сетей, а также с указанием направлений и площади для возможного расширения здания компрессорной станции.

При двухстадийном проектировании на выкопировке из генерального плана наносятся горизонтали с указанием отметок основных зданий и сооружений, схемы примыкания железнодорожных путей и автодорог.

К пояснительной записке прилагаются технологический чертеж (план и разрез) здания компрессорной станции со спецификацией и расположением в нем основного оборудования, строительные эскизы здания и сооружений, имеющих и подлежащих дальнейшему использованию, а также сводный сметно-финансовый расчет, составленный в соответствии с указаниями инструкции по составлению проектов и смет.

К разработке рабочего проекта приступают после рассмотрения и утверждения проектного задания.

В рабочем проекте уточняются: число и тип компрессоров и их приводы; водоснабжение; способы очистки засасываемого воздуха, величина воздухопроводов и схема воздухопроводов станции; контроль и автоматика; компоновка станции; величина капитальных затрат и эксплуатационных расходов.

Для разработки рабочих чертежей заказчик должен выдать проектной организации технические данные по заказанному оборудованию. Рабочие чертежи составляются в виде:

1) общих чертежей (планов и разрезов), на которых указываются расположение оборудования, частей зданий или сооружений и конструкций, взаимная увязка их, маркировка, а также габаритные размеры;

2) детализованных чертежей, на которых указываются размеры всех деталей и элементов зданий или сооружений, их сопряжения, сечения конструктивных элементов и спецификация.

По рабочим чертежам осуществляются строительство и монтажные работы, включая установку оборудования и устройство коммуникаций.

В рабочих чертежах компрессорной станции уточняется место расположения здания и сооружений компрессорной станции на генеральном плане, производятся привязки строящихся зданий, сооружений и коммуникаций к разбивочным координатным сеткам, а также производится уточнение вертикальных отметок.

Размещение оборудования в помещениях компрессорной станции производится по строительному чертежу с привязкой его к внутрен-

ним стенам или выступающим частям (колоннам, пилястрам и т. п.). При разработке рабочих чертежей должна быть точная увязка технологического оборудования со всеми видами коммуникации, устройствами по сантехнике, энергетике и т. д.

Нестандартное оборудование разрабатывается по отдельному договору с заказчиком проектно-сметной документации.

Сметная документация является одним из серьезнейших разделов проекта. Общая сметная стоимость строительства компрессорной станции определяется сводным сметно-финансовым расчетом к проектному заданию. Сводный сметно-финансовый расчет к проектному заданию при двухстадийном проектировании составляется на основе сметно-финансовых расчетов на отдельные объекты.

Сметная документация, прилагаемая к проекту, состоит из сводной сметы и сметы на отдельные здания и сооружения.

От правильно составленной калькуляции, единичных расценок и смет в значительной мере зависит бесперебойное финансирование строительных работ.

Сметы составляются на основе: данных технического проекта или рабочих чертежей по объему, строительно-монтажных работ, определяемому чертежами и перечнем оборудования, запроектированного для данного объекта; единичных расценок для данного предприятия или территориального района; норм накладных, транспортных и заготовительных расходов и плановых накоплений.

Для определения стоимости оборудования используются утвержденные прейскуранты на оборудование и ценники на его монтаж.

Сметы составляются на строительные, электротехнические и санитарно-технические работы, оборудование и его монтаж, специальные сооружения, сети промпроводок и другие работы.

В смете, составляемой по рабочим чертежам технологической части проекта компрессорной станции, должна быть указана стоимость: монтажа основного и вспомогательного оборудования, подъемно-транспортного оборудования, трубопроводов с арматурой, контрольно-измерительных приборов, специальных работ (фундаменты под оборудование, площадки, лестницы и т. п.).

На изыскание и проектирование вспомогательных зданий и сооружений, а также временных зданий и сооружений сметы не составляются, а составляются лишь сметно-финансовые расчеты по прейскурантам и по укрупненным измерителям.

Номенклатура и формы сметно-финансовой документации должны приниматься в соответствии с упомянутой выше инструкцией по составлению проектов и смет.

2. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ

Проектирование компрессорной станции производится на основании задания на проектирование, которое должно быть исчерпывающе ясным и содержать исходные данные, необходимые для комплексного

проектирования компрессорной станции, сооружаемой на территории промышленного предприятия.

Проектирование технологической части компрессорной станции ведется в такой последовательности.

1. Уточняются и корректируются исходные данные для проектирования, особенно в части режима работы и номенклатуры потребителей сжатого воздуха, а также нагрузок и расположения компрессорной станции на территории предприятия.

2. Составляются таблицы средних и максимальных расходов воздуха по отдельным группам потребителей и в целом определяется максимальная длительная нагрузка на компрессорную станцию.

3. Выбираются типы и количество основного и вспомогательного оборудования стационарных компрессорных установок.

4. Составляется принципиальная технологическая схема и производится компоновка компрессорной станции.

5. Определяются эксплуатационные расходы и технико-экономические показатели.

6. Выполняется проектно-сметная документация.

Исходными данными для разработки проектного задания являются:

1. Ситуационный план предприятия в масштабе 1/5000 или 1/10000 с указанием мест нахождения групп потребителей сжатого воздуха и намечаемой площадки строительства компрессорной станции.

2. Выкопировка из генерального плана в масштабе — 1/500, 1/1000 или 1/2000 с нанесением:

а) желательного места расположения проектируемой станции;
б) соседних зданий с их назначением и краткой строительной характеристикой;

в) зданий существующей компрессорной станции и трасс сетей сжатого воздуха (если они имеются);

г) источника питания электроэнергией;

д) желательных мест присоединения тепловых сетей, водопровода производственной и пожарно-питьевой воды, производственной и фекальной канализации и водостоков;

е) существующих и проектируемых автодорог и железнодорожных путей; подземных и надземных коммуникаций; тоннелей, колодцев, электрокабелей и других сооружений, могущих повлиять на расположение и конструкцию здания компрессорной станции;

ж) горизонталей и основных планировочных отметок;

з) розы ветров и направления стран света;

и) климатических данных.

3. Наименование и характеристика потребителей сжатого воздуха.

4. Требуемые давления сжатого воздуха у каждого здания или другого сооружения, в котором находятся потребители.

5. Расходы сжатого воздуха ($m^3/мин$ и m^3 в смену) по каждой группе потребителей.

6. Очередность строительства, сроки ввода в эксплуатацию и перспективы дальнейшего расширения компрессорной станции и всего предприятия.

7. Сведения о ранее заказанном или выделенном заказчику оборудовании, спецификации и технические характеристики оборудования и габаритные чертежи.

8. Наличие на предприятии действующей компрессорной станции: ее производительность, назначение, характеристика основного оборудования, его расположение и габаритные чертежи зданий. Существующий способ подачи сжатого воздуха потребителям (трубопровод, баллоны).

9. Степень загрязненности воздуха площадки строительства компрессорной станции механическими примесями в $мг/м^3$ и газами в $мг/л$.

10. Предварительные геологические и гидрогеологические данные по площадке строительства станции.

11. Желательные для заказчика основные конструкции зданий с ориентацией их на местные материалы и облегченные, новые конструкции.

12. Основные чертежи по зданию, в котором размещены действующие компрессорные установки, и данные о его техническом состоянии.

13. Характеристика источников электроснабжения (учитывая необходимость бесперебойного питания станции) с указанием:

- а) напряжения питающих фидеров;
- б) существующего напряжения сети силового и осветительного электрооборудования (совместное или раздельное питание);
- в) оборудования питающих фидеров со стороны источника питания и параметра оборудования;
- г) токов короткого замыкания и замыкания на землю;
- д) видов защиты, принятой на головном участке питающих фидеров;
- е) мощности системы или генерирующей установки, от которой производится питание компрессорной станции;
- ж) резервной мощности в существующих низковольтных трансформаторах источника электроснабжения и допускают ли камеры установку более мощных трансформаторов;
- з) наличия на заводе общей сети заземления;

и) следует ли в случае проектирования подстанции компрессорной станции предусматривать дополнительные нагрузки и фидеры.

14. Если для питания подстанции компрессорной станции необходимо использовать имеющиеся высоковольтные линии, то требуется указать их тип, параметры, состояние и существующую нагрузку.

15. Краткие характеристики:

а) системы производственного водоснабжения компрессорной станции (прямоточное, обратное, летние температуры и карбонатная жесткость воды, напор в месте присоединения);

б) питьевого и противопожарного водоснабжения;

в) параметры горячей воды, используемой для отопления помещений компрессорной станции, и пара для производственных целей;

г) производственной, ливневой и фекальной канализаций.

16. Стоимость единицы электроэнергии, пара, горячей воды и воды для производственных и пожарно-питьевых нужд.

Для стадии технического проекта при трехстадийном проектиро-

вании и для рабочих чертежей при двухстадийном проектировании исходные данные должны состоять из следующих материалов.

1. Комплексного утвержденного проектного задания.
2. Экспертного заключения и протокола утверждения проектного задания.
3. Выкопировки из генерального плана предприятия в масштабе 1 : 500 — 1 : 1000 с горизонталями через 0,5 м и с уточненными данными, перечисленными выше для проектного задания.
4. Точки возможного подключения к промышленным проводкам (колодцы) с диаметрами труб, их отметками и отметками для колодцев.
5. Допустимых пределов отклонения в расходах, графиках потребления и подаче сжатого воздуха.
6. Ведомости выделенного оборудования в соответствии со спецификациями утвержденного проектного задания, с указанием заводоизготовителей.
7. Характеристик основного оборудования, согласованных с заводами-изготовителями, а также данных по вспомогательному, электротехническому, сантехническому оборудованию и контрольно-измерительным приборам, имеющимся у заказчика и намечаемых к использованию в компрессорной станции. Для вновь осваиваемого несерийного или импортного оборудования, кроме заводских характеристик, должны быть представлены заводские установочные чертежи (общие виды).
8. Окончательных данных геологических и гидрогеологических изысканий по площадке строительства станции с заключением о несущих способностях грунтов. При расположении станции в малоосвоенном районе должны быть представлены климатические данные, глубина промерзания грунтов и сведения о сейсмичности местности.
9. Архитектурных требований к проектируемым зданиям. При необходимости следует приложить архитектурно-планировочное задание, чертежи или фото смежных зданий.
10. Уточненных данных, выданных к проектному заданию, с дополнительным указанием спецификации на полуфабрикаты и техническими характеристиками; возможности применения современных облегченных конструкций, например: асбофанеры ПВ-1, армопеносиликатных и армопенобетонных сборных плит, предварительно напряженного железобетона и пр.
11. Детальных обмерных чертежей существующих зданий и сооружений, используемых или реконструируемых для компрессорной станции, с указанием скрытых работ (глубин заложения, габаритов фундаментов и пр.) и приложением актов технического состязания и дефектных ведомостей. При наличии оборудования и инженерных коммуникаций, нужно приложить исполнительные чертежи по всем частям (технологической, электротехнической и пр.).
12. Указаний о способах прокладки существующих сетей, вводов и выводов трубопроводов (эстакады, каналы, тоннели и пр.) с основными характеристиками и размерами.
13. Применяемых типов грозозащиты на предприятии.

14. Данных по сопротивлению грунтов для расчета заземления.
15. Сведений о способах возврата конденсата в тепловой центр (самотеком, напорный конденсатопровод), о протяженности трассы конденсатопровода до теплового центра, о теряемом напоре в сети, об отметке сборника конденсата в тепловом центре.

16. Тарифной сетки и ставок эксплуатационных рабочих, а также должностных окладов инженерно-технических работников и обслуживающего персонала.

17. Единичных расценок на строительные, сантехнические, особо строительные и разные работы, принятые на данном строительстве, и калькуляции цен на строительные, сантехнические материалы и стоимость машино-смен строймеханизмов в действующих ценах.

18. Условий для данного строительства в части начисления накладных расходов, группы строительства и других местных данных, влияющих на сметную стоимость.

19. Основных принципов организации строительных и монтажных работ, могущих влиять на проектные решения компрессорной станции, в том числе максимально допустимый вес сборной строительной детали и высота подъема.

20. Дополнительных требований заказчика, которые необходимо учесть при проектировании.

Кроме того, для выполнения рабочих чертежей требуются следующие исходные данные.

1. Компоновочные и габаритные чертежи оборудования, полученные от заводов-изготовителей, на которых изображено размещение агрегата и вспомогательного оборудования, указаны привязочные размеры между отдельными узлами агрегата и к строительным конструкциям здания; установочные и присоединительные размеры, нанесены трубопроводы с опорами в пределах фундаментов агрегатов: лестницы и площадки для их обслуживания, а также указаны геометрические размеры фундаментов под оборудование с нагрузками и закладными частями.

2. Эксплуатационные инструкции и отправочные спецификации заводов-изготовителей по заказанному оборудованию.

3. Справка о получении фондов на арматуру и контрольно-измерительные приборы по спецификации предыдущей стадии проекта с указанием заводов-изготовителей.

4. Наименование завода-изготовителя и организации, изготавливающей рабочие чертежи по нестандартному оборудованию компрессорной станции.

3. СОСТАВЛЕНИЕ ПРОЕКТНО-СМЕТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Проектирование и строительство компрессорных станций должны вестись в соответствии с требованиями норм и правил строительного проектирования [20, 36, 40, 43], с учетом специальных требований норм проектирования и правил устройств компрессорных станций.

В настоящее время имеются типовые проекты компрессорных

станций разных установленных производительностей, поэтому проектирование компрессорных станций чаще всего сводится к привязке типового проекта или реконструкции действующих компрессорных станций.

Во всех случаях проектно-сметная документация должна составляться по правилам и в соответствии с эталоном оформления графических проектных материалов заводов машиностроения. Проекты, сметы и рабочие чертежи должны выполняться ясно и четко, чтобы пользование ими не вызывало затруднений. Чертежи должны составляться с применением условных обозначений, в соответствии со стандартами и нормальями.

Рассмотрение и утверждение проектно-сметной документации производятся в соответствии с существующими законоположениями.

На утверждение представляются:

а) при двухстадийном проектировании — проектное задание со сводным сметно-финансовым расчетом;

б) при трехстадийном проектировании — проектное задание со сводным сметно-финансовым расчетом.

Рабочие чертежи составляются за ответственностью исполняющих их проектных организаций или заводов-поставщиков оборудования и утверждению не подлежат. Рабочие чертежи, поступающие на строительство, передаются к исполнению за подписью главного инженера строящегося предприятия.

Проекты и сметы представляются на утверждение заказчиком. Проектные организации по требованию заказчика обязаны провести защиту разработанного ими проекта в утверждающих инстанциях.

Глава XV

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЕКТОВ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ

1. СУЩНОСТЬ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Под технико-экономическим анализом подразумевается комплекс расчетов и сопоставлений различных проектных решений с целью выбора наилучшего варианта.

Наилучшим следует считать такой вариант проекта, по которому строительство и эксплуатация компрессорной станции будут производиться с наименьшими затратами живого и овеществленного труда.

Технико-экономический анализ производят путем сравнения отдельных технико-экономических показателей строительства станций, влияющих на экономическую эффективность и себестоимость 1 м³ воздуха, вырабатываемого проектируемой компрессорной станцией, с известными действующими наилучшими компрессорными станциями.

Технико-экономические показатели характеризуют степень целесообразности строительства при намеченном типе оборудования и при-

нятом режиме работы, а также показывают рентабельность эксплуатации запроектированной компрессорной станции.

Технико-экономические показатели составляют основу сметно-финансового расчета и экономической части проекта.

В настоящее время для компрессорных станций нет еще общепринятых и утвержденных технико-экономических показателей, являющихся эталонами, однако при наличии удельных технико-экономических показателей, выведенных на основе типовых или экономических проектов компрессорных станций, технико-экономические показатели могут быть найдены ускоренным путем, не требующим составления сметно-финансового расчета.

Технико-экономический анализ был бы упрощен при наличии укрупненных показателей стоимости сооружений компрессорных станций и нормативных данных для определения эксплуатационных расходов по содержанию компрессорных станций. К сожалению, такими официальными данными проектные организации еще не располагают.

Основными технико-экономическими показателями при выборе наилучшего варианта являются капитальные затраты, т. е. одновременные вложения денежных средств в здания, сооружения, машины и другие средства производства, участвующие в повторяющихся циклах производства, а также издержки производства, т. е. периодические (ежегодные) вложения денежных средств, связанные с эксплуатацией оборудования и рассчитанные на участие в одном цикле производства.

Для того чтобы говорить об удельных технико-экономических показателях, необходимо знать технические и экономические показатели.

Технические показатели:

производительность установленная, $m^3/мин$;

производительность максимально-длительная, $m^3/мин$;

параметры сжатого воздуха (конечное давление, $кг/см^2$ и температура нагнетаемого воздуха, $^{\circ}C$);

типы и количество принятых компрессоров;

коэффициент резерва производительности компрессорной станции;

привод компрессора (паровой, двигатель внутреннего сгорания, электродвигатель), его тип, марка, напряжение (для электродвигателей), $в$;

вид передачи (способ соединения компрессора с приводом);

тип, количество и поверхность конечных охладителей, m^2 ;

тип, количество и емкость воздухохранилищ, m^3 ;

схема охлаждения компрессоров (прямоточная или обратная);

максимальный расход охлаждающей воды при перепаде температур $10^{\circ}C$, $m^3/час$;

характеристика насосной станции обратного водоснабжения (типы, марки и количество насосов, напор в m ; тип, мощность и число оборотов электродвигателя — привода насоса);

спичное количество работающих, чел.;

явочное количество наибольшей смены, чел.;

площадь застройки, м²;

развернутая площадь, м²;

строительный объем, м³;

тип и материал стен, фундаментов и колонн здания;

материал и состав покрытий и перекрытий;

установленная мощность силовых токоприемников по компрессорной станции, кВт;

установленная мощность освещения по станции, кВт;

наличие распределительного устройства, мощность, количество ячеек и т. п.;

наличие трансформаторной подстанции, ее характеристика;

количество и мощность трансформаторов, резерв отходящей мощности;

отношение площади машинного зала к установленной производительности компрессорной станции.

Экономические показатели:

1. Капитальные затраты (общая стоимость строительства компрессорной станции, включая фидерно-трансформаторную подстанцию и градирню), в том числе: на общестроительные работы по сооружению здания; специальные работы по устройству фундаментов под оборудование, каналов, площадок обслуживания и т. п.; приобретение основного и вспомогательного оборудования; монтажные работы; приобретение контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации; приобретение оборудования силового и для электроосвещения; приборы отопления, вентиляции и сантехническое оборудование.

2. Издержки производства. Учитывая значительное потребление электроэнергии оборудованием, целесообразно составлять отдельную таблицу технико-экономических показателей силового электрооборудования и электроосвещения по формам табл. 63 и 64.

Таблица 63

Технико-экономические показатели по силовому электрооборудованию компрессорной станции

Наименование показателя	Единица измерения	Абсолютный показатель	Единица измерения	Удельный показатель
Производственная площадь	м ²		—	—
Количество электроприемников	шт		—	—
Установленная мощность	квт		квт/м ²	
Средняя мощность электроприемника	»			
Коэффициент спроса	—		—	—
Коэффициент мощности	—		—	—
Общая стоимость объекта	тыс. руб.			
Стоимость единицы установленной мощности	» »		тыс. руб./квт.	

Наименование показателя	Единица измерения	Абсолютный показатель	Единица измерения	Удельный показатель
Производственная (она же общая) площадь	м ²		—	—
Установленная мощность	квт		вт/м ²	
Количество светильников	шт.		—	—
Средняя мощность светильника	вт		—	—
Стоимость 1 квт	тыс. руб		—	—
Стоимость световой точки	» »		—	—
Общая стоимость	» »		—	—

Выбор наилучшего варианта проекта производят путем сравнения показателей по капитальным вложениям (затратам) и издержкам производства (эксплуатационным расходам).

Выбор варианта облегчается, если и капитальные вложения, и издержки производства одного варианта соответственно больше или меньше, чем у второго варианта, и если оба варианта удовлетворяют следующим условиям сопоставимости: максимально-длительной производительности; параметрам сжатого воздуха; коэффициентам резерва.

Затруднения в выборе возникают тогда, когда при одинаковой установленной производительности по одному варианту капитальные вложения более высокие, а издержки производства меньше, чем по другому варианту, или когда капитальные вложения по другому варианту ниже, но издержки производства выше по сравнению с первым вариантом.

Кроме чисто экономических факторов, при анализе должны учитываться степень автоматизации, удобство обслуживания и надежность работы, а также дефицитность оборудования.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ

Для определения стоимости строительства компрессорной станции обычно составляется сводный сметно финансовый расчет на основе выполненного проекта. Однако при отсутствии проекта компрессорной станции, для которой принимаются поршневые компрессоры широко используемых марок, капитальные затраты на строительство ориентировочно можно определить по эмпирическим формулам (табл. 65). В этой же таблице приведены ориентировочные стоимости компрессорных станций в зависимости от марок и количества компрессоров.

Формулы (18) и (19) учитывают стоимость электрических распределительных устройств для высоковольтных электродвигателей компрессоров.

Капитальные затраты на сооружение компрессорных станций могут значительно изменяться в зависимости от стоимости местных

Ориентировочные стоимости компрессорных станций в зависимости от марки компрессора в ценах 1950 г. (по материалам Гипроавиапрома)

Марка компрессора	Количество компрессоров		Производительность компрессорной станции м ³ /мин		Стоимость компрессорной станции С в тыс. руб.	Эмпирическая формула для определения стоимости компрессорной станции
	установленных	рабочих	установленная Q _у	рабочая Q _{раб}		
200В-10/8	2	1	20	10	160	$C = 109 + 6Q_{раб}$ (16)
200В-10/8	3	2	30	20	229	»
200В-10/8	4	3	40	30	289	»
160В-20/8	2	1	40	20	272	$C = 176 + 4,8Q_{раб}$ (17)
160В-20/8	3	2	60	40	368	»
160В-20/8	4	3	20	60	464	»
160В-20/8	5	4	100	80	560	»
В300-2К	3	2	120	80	748	$C = 348 + 5Q_{раб}$ (18)
В300/2К	4	3	160	120	948	»
В300/2К	5	4	200	160	1148	»
В300/2К	6	5	240	200	1348	»
2ВГ/55В/	2	1	200	100	1400	$C = 840 + 5,6Q_{раб}$ (19)
2ВГ/55В/	3	2	300	200	1960	»
2ВГ/55В/	4	3	400	300	2520	»
2ВГ/55В/	5	4	500	400	3080	»

строительных материалов, расходов на транспорт, стоимости оборудования и материалов, условий водоснабжения, объема работ по благоустройству площадки и т. п.

В табл. 65 приводятся стоимости некоторых компрессорных станций, запроектированных при следующих условиях.

1. Резерв мощности станции предусматривается в размере одного компрессора наибольшей производительности.

2. Компрессорная станция оборудуется ручным краном со стандартным пролетом и грузоподъемностью, рассчитанной на подъем наиболее тяжелой части оборудования.

3. Схема охлаждения компрессоров марки 200В-10/8 принята прямоточной, от заводского водопровода, а схема водоснабжения всех прочих марок компрессоров принята циркуляционной. При этом циркуляционные насосы располагаются в здании компрессорной станции.

4. Сжатый воздух на выходе из компрессоров охлаждается в индивидуальных конечных охладителях.

5. В каждой компрессорной станции предусматриваются вспомогательно-служебные и бытовые помещения.

6. Самостоятельное электрическое распределительное устройство предусматривается для высоковольтных электродвигателей компрессоров марок В300-2К, 2ВГ и 55В.

7. В машинном зале каждой компрессорной станции предусматривается монтажная площадка.

8. Контрольно-измерительные приборы приняты исходя из возможности учета и контроля работы каждого отдельного компрессора.

9. Воздушные фильтры и воздухооборники устанавливаются индивидуальными.

10. Станция работает в две смены с одинаковыми графиками нагрузки в каждую смену.

11. Средний часовой расход составляет 0,85 от максимального расчетного, равного рабочей производительности станции.

12. Приняты как средние стоимости: электроэнергии — 15 коп. за 1 квт-ч; воды (оборотной) — 5 коп. за 1 м³, масла — 1000 руб. за 1 т; содержания одной штатной единицы — 8500 руб. в год; ремонта и амортизации оборудования — 12%; ремонта и амортизации здания — 4%.

13. Значения стоимости оборудования в процентах от общей стоимости станции приняты по данным табл. 66.

Таблица 66

Процентное соотношение отдельных составляющих общей стоимости компрессорной станции (по материалам Гипроавиапрома)

Наименование	Рабочая производительность компрессорной станции, м ³ /мин		
	до 80	от 80 до 200	от 200 до 500
	Процент от общей стоимости компрессорной станции		
Технологическое оборудование	27—43	41—46	33—36
Электрооборудование	15—12	15—17	29—31
Здание	34—25	29—22	22—17
Фундаменты под оборудование	5—4	3	8
Контрольно-измерительные приборы	8—6	4	1,5
Транспортное оборудование	3—2	1	0,5
Водопровод, канализация, отопление и вентиляция	4	3	2
Дороги и т. д.	4	4	4

14. Компрессорная станция не автоматизирована.

15. Стоимости исчислены в ценах и расценках, введенных с 1 июля 1950 г.

В связи с введением новых цен с 1 июля 1955 г. к ценам, приведенным выше, следует применить соответствующие переводные коэффициенты, временно установленные для предприятий различных министерств.

Из табл. 65 видно, что при одинаковых рабочих производительностях строительство компрессорных станций, оборудованных компрессорами меньшей производительности (при одном резервном компрессоре), обходится дешевле. Кроме того, так как мощности резервных электродвигателей приняты меньшими, расходы электроэнергии тоже будут меньшими.

Из той же табл. 65 видно, что компрессорные станции, в которых установлены компрессоры малой производительности, во 2-ю и 3-ю

смены эксплуатировать экономичнее. Однако из-за того, что компрессорные установки, производящие сжатый воздух, обладают относительно малым к. п. д., который колеблется в пределах 55—70 %, увлекаться увеличением количества компрессорных установок не следует. Все сказанное выше следует учитывать при выборе компрессоров и компоновке компрессорных станций.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РАСХОДОВ

Эксплуатационные расходы компрессорной станции необходимо знать не только для проведения технико-экономического анализа, но и для возможности осуществления хозяйственного расчета и снижения себестоимости продукции [38].

Эксплуатационными расходами называют постоянные и переменные затраты на эксплуатацию компрессорной станции.

К постоянным расходам относятся расходы на амортизацию здания, сооружений и оборудования, а также на содержание административного, технического и конторского персонала; налоги, сборы, стоимость технической инспекции, почтовые, административно-хозяйственные расходы, расходы на благоустройство и охрану.

К переменным расходам относятся: оплата электроэнергии и охлаждающей воды, топлива, расходы на содержание обслуживающего персонала, стоимость эксплуатационных материалов, оплата текущего ремонта оборудования и здания (заработная плата ремонтного персонала, стоимость ремонтных материалов).

Для определения эксплуатационных расходов необходимо знать основные эксплуатационные показатели, которые указаны в табл. 67.

Таблица 67

Основные эксплуатационные показатели компрессорной станции

Наименование показателя	Расходы			
	Удельный	Размерность	Годовой	Размерность
Выработка воздуха:				
расчетная	—	—	$Q_{расч}$	тыс. м ³
возможная	—	—	$Q_{возм}$	тыс. м ³
Силовая электроэнергия . .	б	$\frac{квт-ч}{1000 м^3}$	$B_э$	тыс. квт-ч
Охлаждающая вода	в	$\frac{м^3}{1000 м^3}$	В	тыс. м ³
Масло компрессорное	г	$\frac{кг}{1000 м^3}$	Г	кг
Масло промышленное	д	$\frac{кг}{1000 м^3}$	Д	кг
Обтирочный материал	е	$\frac{кг}{1000 м^3}$	Е	кг
		1 компр. год.		

Расчетная годовая выработка компрессорной станции $Q_{год. расч}$ определяется по формулам

а) для компрессорной станции низкого давления

$$Q_{год. расч} = (Q_{ср. 1} + Q_{ср. 2} + Q_{ср. 3}) n \cdot 60 \cdot 8 \text{ м}^3,$$

где $Q_{ср. 1}$; $Q_{ср. 2}$ и $Q_{ср. 3}$ — средние нагрузки компрессорной станции соответственно в 1-ю, 2-ю и 3-ю смены, которые удовлетворяются работающими компрессорами;

n — число рабочих дней в году;

б) для компрессорной станции высокого давления

$$Q_{год. расч} = Q_{год. теор} K_n \text{ м}^3,$$

где $Q_{год. теор}$ — теоретический годовой расход воздуха по заводу, м^3 , определенный как итог годовых расходов по цехам;

K_n — коэффициент потерь, принимаемый обычно для компрессорных станций высокого давления равным 1,3—1,5.

Возможная годовая выработка воздуха определяется для выявления экономичности использования станции. Возможная годовая выработка

$$Q_{возм} = Q_{раб} + Q_{рез} \text{ м}^3,$$

где $Q_{раб}$ — годовая выработка воздуха рабочими агрегатами, м^3 ;

$Q_{рез}$ — годовая выработка воздуха резервными агрегатами, м^3 .

Годовая выработка воздуха рабочими агрегатами

$$Q_{раб} = (307 - T) \cdot 8 \cdot 2Nq_{раб} \text{ м}^3,$$

где 307 — число рабочих дней в году;

T — средняя продолжительность остановки агрегатов на ремонт в году (в сутках);

8×2 — количество рабочих часов в сутки;

N — количество рабочих агрегатов при одинаковой их производительности;

$q_{раб}$ — единичная производительность рабочих агрегатов, $\text{м}^3/\text{час}$.

Годовая выработка воздуха резервными агрегатами

$$Q_{рез} = T \cdot 8 \cdot 2nq_{рез},$$

где n — количество резервных агрегатов;

$q_{рез}$ — производительность резервного агрегата, $\text{м}^3/\text{час}$.

Расход электроэнергии, потребляемой электродвигателями компрессоров, является прямым и основным расходом, определяющим величину удельного расхода электроэнергии на выработку воздуха.

Удельный расход электроэнергии на компрессор определяется по формуле

$$\delta = \frac{N_1 k_1 k_2}{Q_k \eta_1 \eta_2} 1000 \frac{\text{квт-ч}}{1000 \text{ м}^3},$$

где Q_k — номинальная производительность компрессора, $\text{м}^3/\text{час}$, относенная к условиям всасывания;

ПРЕДИСЛОВИЕ

В книге рассматриваются только компрессорные станции, являющиеся источниками получения сжатого воздуха на различных промышленных предприятиях и строительных площадках. Особенно большое количество сжатого воздуха погребляют предприятия машиностроительной, металлургической, угольной, химической, нефтяной и судостроительной промышленности.

Сжатый воздух применяют для совершения механической работы, получения необходимых газов для различных процессов и реакций, где воздух используется благодаря наличию в нем кислорода, и т. д.

Обладая основными свойствами, присущими газам, воздух имеет ряд особенностей, облегчающих его широкое применение: не конденсируется, не имеет специфических вредных свойств и не огнеопасен. Эти особенности воздуха дают возможность широко применять его в качестве энергоносителя.

Повсеместное применение сжатого воздуха для технологических процессов и механизации работ объясняется также тем, что он обладает хорошей транспортабельностью, т. е. его удобно передавать от места получения до мест потребления по трубам или в баллонах.

Сжатый воздух используется в различных пневмоприемниках, пневмооборудовании, пневмоинструменте, аппаратах и т. д.

Особенно необходим сжатый воздух для работы в опасных условиях, где возможно образование взрывов и пожаров при применении электрической энергии.

В промышленности чаще всего применяется сжатый воздух давлением от 3 до 350 *атм*.

Компрессорная установка характеризуется: 1) давлением нагнетаемой среды, измеряемым в кг/см^2 или *атм*; 2) производительностью компрессора, выражающейся объемом всасываемого воздуха в единицу времени и измеряемой в $\text{м}^3/\text{мин}$ или $\text{м}^3/\text{час}$; 3) мощностью двигателя, приводящего в действие компрессор, измеряемой в *квт* или *л. с.*

В зависимости от величины давления воздуха, нагнетаемого компрессором, компрессорные установки бывают: 1) низкого давления (от 3 до 25 *атм*); 2) среднего давления (от 25 до 60 *атм*); 3) высокого давления (от 60 до 350 *атм*); 4) сверхвысокого давления (свыше 350 *атм*).

В зависимости от условий эксплуатации компрессорные установки бывают передвижными и стационарными.

В книге рассматриваются вопросы проектирования, монтажа и эксплуатации стационарных воздушных компрессорных установок.

N_1 — потребляемая мощность на валу при номинальной производительности компрессора, *квт* (берется по данным завода-изготовителя);

η_1 — к. п. д. электродвигателя (принимается в пределах 0,89—0,93);

η_2 — к. п. д. ременной или другого вида передачи;

k_1 — поправочный коэффициент на давление ($k = 0,9$ для перевода с 8 *ати* на 6 *ати*);

k_2 — эксплуатационный коэффициент, учитывающий недогрузку и износ компрессора (принимается в среднем $k_2 = 1,1$).

Для наиболее часто применяемых типов компрессоров удельный расход электроэнергии с учетом поправочных коэффициентов представлен в табл. 68.

Таблица 68

Расход эксплуатационных материалов и энергоресурсов для производства сжатого воздуха

Наименование	Единица измерения	Типы компрессоров				
		200В— —10/8	160В— —20/8	2СГ—8	В300— —2К	2ВГ или 55ВМ
Производительность компрессора	<i>м³/мин</i>	10	20	25	40	100
Давление нагнетания	<i>кг/см²</i>	8	8	8	8	8
Мощность на валу	<i>квт</i>	75	140	147,2	224	570
Мощность электродвигателя	<i>квт</i>	80	155	200	250	625
Расход охлаждающей воды на компрессор	<i>м³/час</i>	3	6	7,2	13	28,2
Расход охлаждающей воды на конечный охладитель воздуха	<i>м³/час</i>	2,35	4,7	5,9	9,4	23,5
Суммарный расход воды	<i>м³/час</i>	5,35	10,7	13,1	22,4	51,5
Расход индустриального масла	<i>г/час</i>	—	—	—	—	250
Расход компрессорного масла	<i>г/час</i>	—	600	35	350	650
Удельный расход электрической энергии	<i>квт-ч</i>	137,5	128	112	106	105
Удельный расход охлаждающей воды (включая последующий охладитель)	$\frac{1000 \text{ м}^3}{\text{м}^3}$	8,9	8,9	8,7	9,3	8,6
Удельный расход индустриального масла	$\frac{\text{кг}}{1000 \text{ м}^3}$	—	—	—	0,07	0,042
Удельный расход компрессорного масла	$\frac{\text{кг}}{1000 \text{ м}^3}$	0,5	0,5	0,04	0,146	0,11
Расход обтирочных материалов	$\frac{\text{кг в год}}{1 \text{ компрессор}}$	100	100	—	175	250

Учитывая существенное влияние на величину удельного расхода электроэнергии температуры наружного воздуха и охлажденной воды, нормирование следует производить сезонно, не менее двух раз в год, установив летнюю и зимнюю нормы.

Удельный расход электроэнергии электродвигателями насосов водяного охлаждения компрессора определяется по формуле

$$v_{охл}^o = \frac{(h_{вс} + h_{нагн}) Q_a}{367,2 \eta_{нас} \eta_e \eta_{пер}}$$

- где $h_{вс}$ — высота всасывания воды, м;
 $h_{нагн}$ — необходимый напор воды, м;
 $\eta_{нас}$ — к. п. д. насоса, должен приниматься по данным завода-изготовителя или по справочным данным, а при отсутствии их значение к. п. д. насоса можно ориентировочно принять равным 0,5—0,6;
 η_e — к. п. д. электродвигателя;
 $\eta_{пер}$ — к. п. д. передачи;
 Q_a — удельный расход воды на охлаждение 1 м³ воздуха, л/м³.

При получении охлаждающей воды для компрессоров от общей водопроводной сети завода расход электроэнергии на воду не относится на компрессорную установку, так как энергопотребление на водоснабжение предприятия должно нормироваться отдельно [38]. При питании охлаждающей водой от собственной насосной (например, при оборотной системе водоснабжения) расход электроэнергии следует включать в общий расход электроэнергии по компрессорной станции.

Расход электроэнергии на охлаждение компрессоров обычно не превышает 2,5% от общего расхода электроэнергии, потребляемой компрессорной установкой.

Расход электроэнергии на вспомогательные нужды (освещение, вспомогательные механизмы, подъемный кран, маслонасосы и т. п.) в компрессорных станциях составляет ничтожную долю общего расхода электроэнергии и обычно не превышает 1% от общего расхода.

Таким образом, общий расход электроэнергии по компрессорной станции может быть выражен следующим образом:

$$E = E' + E'' + E''' \text{ кВт-ч,}$$

- где E' — расход электроэнергии на привод компрессоров, кВт-ч;
 E'' — расход электроэнергии на охлаждение компрессоров, кВт-ч;
 E''' — расход электроэнергии на вспомогательные нужды, кВт-ч.

Учетной единицей продукции компрессорной станции при установлении норм удельных расходов электроэнергии являются 1000 м³ сжатого воздуха (при рабочем давлении и температуре).

По своему физическому смыслу такой учет является не только объемным, но и весовым, так как известно, что 1 мм³ воздуха весит 1,293 кг. При других условиях удельный вес воздуха может быть определен по формуле

$$\gamma_a = 0,465 \frac{P_0}{273 + t} \text{ кг/м}^3,$$

- где P_0 — давление всасываемого воздуха, мм рт. ст.;

t — температура всасываемого воздуха, °С.

Удельный расход производственной воды определяется по формуле

$$b = \frac{b_1 + b_2}{Q_{\text{раб}}} 1000 \text{ м}^3/1000 \text{ м}^3,$$

где b_1 — расход воды на охлаждение цилиндров и промежуточных охладителей компрессора, $\text{м}^3/\text{час}$ (берется по данным завода-изготовителя);

b_2 — расход воды на охлаждение конечного охладителя воздуха $\text{м}^3/\text{час}$ (по расчетам этот расход составляет $2,35 \text{ м}^2$ на $10 \text{ м}^3/\text{мин}$ всасываемого воздуха);

$Q_{\text{раб}}$ — номинальная производительность компрессора $\text{м}^3/\text{час}$, отнесенная к условиям всасывания.

Для наиболее употребительных типов компрессоров удельный расход воды представлен в той же табл. 68.

При оборотной системе водоснабжения средний расход воды на добавку в систему принимается в общих случаях $1,5\text{—}3\%$ и в отдельных случаях $5\text{—}7\%$ от расхода воды при прямотоке (в зависимости от климатических условий).

Величина годовых эксплуатационных затрат, т. е. денежных расходов, определяется суммированием стоимостей эксплуатационных расходов по методу, предложенному Гипроавиапрома

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3 + \mathcal{E}_4 + \mathcal{E}_5 + \mathcal{E}_6 \text{ руб/год}, \quad (20)$$

где \mathcal{E}_1 — стоимость годового расхода электроэнергии;

\mathcal{E}_2 — стоимость содержания штата;

\mathcal{E}_3 — стоимость охлаждающей воды;

\mathcal{E}_4 — стоимость смазочных и обтирочных материалов;

\mathcal{E}_5 — расход на ремонт;

\mathcal{E}_6 — расход на амортизацию.

Стоимость годового расхода электроэнергии определяется из выражения

$$\mathcal{E}_1 = C_9 B_9 \text{ руб.}, \quad (21)$$

где C_9 — стоимость единицы электроэнергии, руб/квт-ч ;

B_9 — годовой расход электроэнергии, квт-ч/год .

Принимая удельный расход электроэнергии b на сжатие 1 м^3 воздуха до 8 атм равным $0,1 \text{ квт-ч}$, находим

$$B_9 = 0,1 Q_8 \text{ квт-ч/год}, \quad (22)$$

где Q_8 — годовой (расчетный) расход воздуха при давлении 8 атм .

Подставив значение B_9 из формулы (22) в формулу (21), получим

$$\mathcal{E}_1 = 0,1 C_9 Q_8 \text{ руб.}$$

С достаточной точностью, необходимой для сравнения различных вариантных решений, можно принять, что стоимость электроэнергии равна 15 коп/квт-ч . Тогда формула примет вид

$$\mathcal{E}_1 = 0,015 Q_8 \text{ руб.}$$

Расходы на содержание обслуживающего персонала компрессорной станции \mathcal{E}_2 зависят от типа и количества установленного оборудования и степени автоматизации ее обслуживания. Однако следует иметь в виду, что количество работающих в компрессорной станции увеличивается значительно медленнее, чем увеличивается ее установленная производительность.

Расходы на содержание персонала слагаются из его основной заработной платы (оклада), начислений на заработную плату (на социальное страхование, культурно-просветительные нужды) и дополнительной заработной платы (оплаты лиц, находящихся в отпуске, и т. п.). Можно считать, что стоимость содержания одной штатной единицы равна 8500 руб/год.

Зная штатное расписание компрессорной станции, можно определить стоимость его содержания

$$\mathcal{E}_2 = n 8500 \text{ руб/год,}$$

где n — списочное количество работающих человек на станции в течение года.

Стоимость годового расхода охлаждающей воды равна

$$\mathcal{E}_3 = C_B V \text{ руб/год,}$$

где C_B — цена 1 m^3 охлаждающей воды, руб.;

V — годовой расход охлаждающей воды, m^3 .

Стоимость смазочных и обтирочных материалов \mathcal{E}_4 определяется исходя из расходов на смазку, обтирку и набивку.

Удельный расход компрессорного и индустриального масел определяется по данным завода-изготовителя и для некоторых компрессоров указан в гл. VII.

Расход обтирочных материалов принимается ориентировочно в размере 100—250 кг в год на каждый установленный компрессор в зависимости от мощности компрессора.

Стоимость смазочных и обтирочных материалов равна

$$\mathcal{E}_4 = 1,1 C_m Q, \text{ руб/год,}$$

где C_m — стоимость 1 t масла, руб;

Q — годовой расход масла, t ;

1,1 — коэффициент, учитывающий стоимость обтирочных материалов.

Расход на набивочные материалы можно принимать в пределах 30—70 % от стоимости масел.

Расходы на ремонт \mathcal{E}_5 и амортизацию \mathcal{E}_6 можно определить по формулам Гипроавиапрома, приведенным в табл. 69.

Формулы составлены с учетом следующих полсжений: а) расходы на ремонт и амортизацию оборудования принимаются в ра

Эмпирические формулы для определения расходов на ремонт и амортизацию оборудования компрессорной станции (по материалам Гипроавиапрома)

Производительность станции (рабочая), <i>м³/мин</i>	Расчетная формула для определения расходов на ремонт и амортизацию $\mathcal{E}_6 + \mathcal{E}_7$ руб/год
До 80	$\mathcal{E}_6 + \mathcal{E}_7 = 5600 + 112P + (220 + 4,4P) \cdot Q$
От 80 до 200	$\mathcal{E}_6 + \mathcal{E}_7 = 15500 + 301P + (200 + 4P) \cdot Q$
От 200 до 500	$\mathcal{E}_6 + \mathcal{E}_7 = 33600 + 672P + (224 + 4,46P) \cdot Q$

мере 12% от стоимости оборудования, а расходы на ремонт и амортизацию здания — в размере 4% от его стоимости; б) стоимость оборудования компрессорной станции (P) берется в процентах от общей стоимости компрессорной станции; в) общая стоимость компрессорной станции в зависимости от ее производительности складывается из составляющих, указанных в табл. 69.

Следует также иметь в виду, что расходы на ремонт при подсчете эксплуатационных расходов не одинаковы для всех марок компрессоров. Например, тихоходные компрессоры при одинаковом режиме работы должны меньше изнашиваться, чем более быстроходные машины других марок, а следовательно, расходы на ремонт у них должны быть также соответственно ниже.

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЕБЕСТОИМОСТИ СЖАТОГО ВОЗДУХА

При выборе оптимального варианта компрессорной станции целесообразно сравнивать варианты по себестоимости продукции.

Наиболее экономичным вариантом проекта компрессорной станции считается тот, при осуществлении которого себестоимость продукции получается наименьшей.

В себестоимость сжатого воздуха входят стоимость электроэнергии, воды, топлива; амортизационные отчисления и затраты на капитальные ремонты, определяемые размером и характером капиталовложений; эксплуатационные расходы (собственные нужды, текущий ремонт, заработная плата, производственные и общественные расходы и пр.), определяемые сложностью сооружений и характером их эксплуатации.

Себестоимость 1 m^3 сжатого воздуха, вырабатываемого компрессором, должна быть не выше установленного тарифа для аналогичных предприятий.

Себестоимость 1000 m^3 вырабатываемого воздуха зависит от графика нагрузки компрессорной станции, стоимости электроэнергии и воды, а также от расходов на содержание штата. Перечисленные расходы для одной и той же установленной производительности компрессорной станции могут иметь различные значения в зависимости от местных условий.

Стоимость воздуха у потребителя складывается из стоимости его на

компрессорной станции и стоимости эксплуатации межцеховых и внутрицеховых воздухопроводов.

В табл. 70 приводится калькуляция себестоимости 1 м³ сжатого воздуха для одного из машиностроительных заводов, для которого источником сжатого воздуха принята компрессорная станция с четырьмя компрессорами В300-2К с ременной передачей. Схема водоснабжения — прямоточная, без насосной станции.

Таблица 70

Калькуляция себестоимости 1 м³ сжатого воздуха

Наименование затрат	Единица измерения	Количество	Цена за единицу в руб.	Сумма в тысячах рублей
Зарплата вспомогательных рабочих	чел.	6	5400	32,4
Зарплата ИТР	»	1	12500	12,5
Зарплата МОП	»	—	—	—
Начисления на зарплату	тыс. руб.	17,9	0,079	1,41
Расход электроэнергии	квт-час	23,5 · 10 ⁵	0,23	540,0
Расход воды	м ³	211500	0,41	87,0
Содержание зданий и сооружений	тыс. руб.	485	0,005	2,42
Содержание оборудования	»	848	0,005	4,24
Текущий ремонт зданий и сооружений	»	485	0,007	3,40
Текущий ремонт оборудования	»	848	0,031	2,68
Погашение малоценного инвентаря	руб.	6	600	3,6
Охрана труда (3% от зарплаты рабочих)	тыс. руб.	17,9	0,03	0,536
Амортизация (5,6 % от стоимости основных средств)	»	1333	0,056	74,5
Прочие расходы	»	764,69	0,02	15,30
Итого:	»	—	—	780
Годовой расход воздуха	м ³	23,5 · 10 ⁶	—	—
Стоимость 1 м ³ воздуха	руб.	0,033	—	—

Для определения себестоимости 1000 м³ сжатого воздуха необходимо знать годовое количество сжатого воздуха $Q_{год. расч.}$, вырабатываемого компрессорной станцией при двухсменной работе

$$Q_{год. расч} = 2344 \cdot 2 \cdot 60 \cdot 0,85 Q_{расч} \text{ м}^3,$$

где $Q_{год. расч}$ — расчетный расход воздуха, м³/год;

$Q_{расч}$ — расчетная нагрузка на станцию, м³/мин;

2344 — фонд рабочего времени смены, час/год;

2 — число смен;

0,85 — отношение средней нагрузки к расчетной.

После перемножения указанное уравнение принимает вид (с округлением)

$$Q_{год. расч} = 240000 Q_{расч} \text{ м}^3.$$

Себестоимость 1000 м³ воздуха равна

$$C_y = \frac{\mathcal{E}}{0,001 Q_{\text{год. расч}}} \text{ руб/1000 м}^3,$$

где \mathcal{E} — годовые эксплуатационные расходы, руб/год;
 $Q_{\text{год. расч}}$ — годовая выработка воздуха рабочими агрегатами.

Подставив значение $Q_{\text{год. расч}}$, получим

$$C_y = \frac{\mathcal{E}}{240 Q_{\text{расч}}} \text{ руб/1000 м}^3.$$

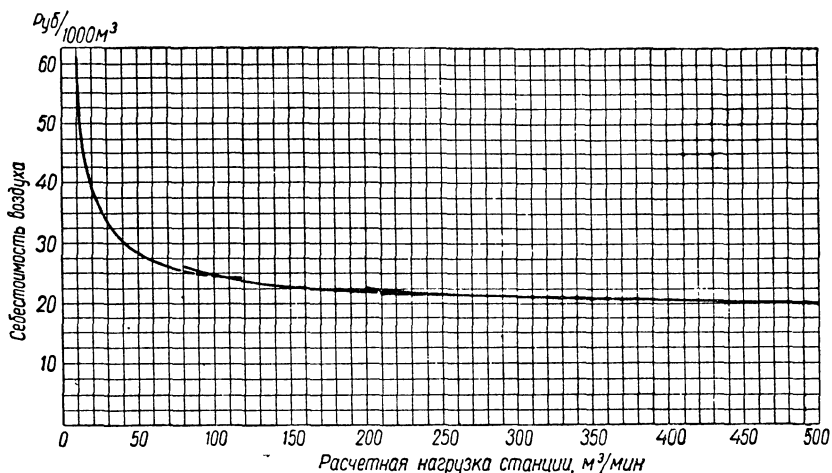
График, показывающий уменьшение себестоимости 1000 м³ воздуха с увеличением расчетной нагрузки, приведен на фиг. 115. В табл. 71 показаны примерные себестоимости сжатого воздуха в зависимости от количества и марок компрессоров, а также эксплуатационных расходов различными компрессорными станциями.

Таблица 71

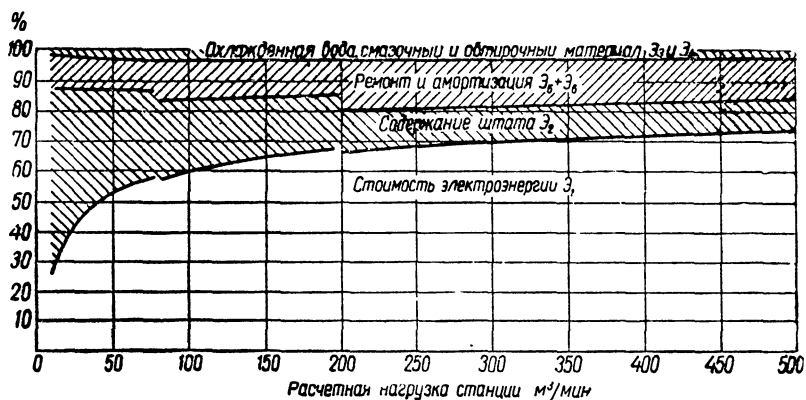
Примерная себестоимость сжатого воздуха, вырабатываемого компрессорными станциями

Марка компрессора	Число установленных компрессоров	Рабочая производительность компрессорной станции, м ³ /мин	Суммарные эксплуатационные расходы 10 ³ руб/год	Себестоимость воздуха руб/1000 м ³
200В-10/8	2	10	151,5	60,6
200В-10/8	3	20	154,5	30,9
160В-20/8	2	20	201,7	40,7
160З-20/8	3	40	306,6	30,75
160З-20/8	4	60	411,8	27,45
160В-20/8	5	80	518,9	25,80
В 300-2К	3	80	530,2	26,33
В 300-2К	4	120	722,8	23,98
В 300-2К	5	160	917	22,82
В300-2К	6	200	1114,2	22,16
2ВГ (или 55В)	3	200	1135	22,65
2ВГ (или 55В)	4	300	1614	21,5
2ВГ (или 55В)	5	400	2094	20,94
2ВГ (или 55В)	6	500	2577	20,6
РСК-50х7	3	100	587	23,5
РСК-50х7	4	150	808	21,55
РСК-50х7	5	200	1028	20,55
РСК-50х7	6	250	1255	20,1

График, показывающий изменение отдельных составляющих эксплуатационных расходов компрессорных станций в зависимости от расчетной нагрузки приведен на фиг. 116. Как видно из графика, основными составляющими являются стоимость электроэнергии, содержание штата и расходы на ремонт и амортизацию оборудования.



Фиг. 115. График, показывающий уменьшение стоимости 1000 м³ воздуха с увеличением расчетной нагрузки.



Фиг. 116. Графики изменения отдельных составляющих общих эксплуатационных расходов компрессорных станций в зависимости от расчетной нагрузки (из материалов Гипроавиапрома).

ОСНОВНЫЕ УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ, ПРОМЫШЛЕННОЙ САНИТАРИИ И ПРОТИВОПОЖАРНЫМ МЕРОПРИЯТИЯМ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Для создания нормальных, безаварийных условий работы компрессорной станции необходимо построить и эксплуатировать компрессорную станцию в соответствии с требованиями норм технических условий, а также правил устройства и эксплуатации.

Несоблюдение основных требований и правил по устройству и эксплуатации оборудования, установленного в компрессорной станции, может привести к взрыву, аварии и несчастному случаю.

В компрессорной станции взрыв может произойти при попадании в сжатый воздух горючего или другого газа, образующего с воздухом взрывоопасную смесь, а также в результате образования взрывоопасных смесей паров масла и воздуха в замкнутом объеме: в компрессоре, сосуде, трубопроводе. Взрыв может произойти при содержании в сжатом воздухе 6—11 % масла и при температуре смеси около $+200^{\circ}\text{C}$, а иногда и при более низкой температуре, если применяется компрессорное масло, не отвечающее требованиям стандарта. Причинами взрыва могут быть:

1) несоответствие конструкций сосудов, работающих под давлением, наибольшему допускаемому рабочему давлению или температурному режиму;

2) превышение давления внутри сосудов сверх разрешенных нормами;

3) отсутствие требуемой арматуры или ее неисправность;

4) несоблюдение установленного режима работы сосудов, требований технологических и противопожарных норм строительного проектирования объектов промышленного предприятия, указаний по монтажу основного и вспомогательного оборудования компрессорных станций, а также недостаточная квалификация обслуживающего персонала и отсутствие надлежащего технического надзора.

Во избежание аварий и неэкономичной работы компрессорных установок необходимо систематически производить осмотры и планово-предупредительные ремонты основного и вспомогательного оборудования компрессорной станции, держать в готовности к работе резервное оборудование и в необходимом количестве запасные части.

Во время эксплуатации компрессорных установок необходимо следить с помощью приборов контроля и автоматики за работой и состоянием оборудования, трубопроводов и арматуры, применять предохранительные и защитные устройства, держа их постоянно в исправном состоянии.

Обслуживающий персонал обязан систематически повышать общую грамотность и квалификацию, иметь в наличии детально разработанные инструкции по обслуживанию оборудования как в нормальных

условиях (пуск, остановка, обслуживание во время работы), так и при нарушениях нормальной работы, а также вести в должном порядке техническую документацию, которая должна быть в компрессорной станции и в отделе главного энергетика предприятия.

Знания обслуживающим персоналом инструкций по эксплуатации оборудования компрессорных станций должны проверяться начальником компрессорной станции не реже двух раз в год.

Для обеспечения нормальной работы компрессорных станций установок и предупреждения несчастных случаев с обслуживающим персоналом должны проводиться занятия по правилам техники безопасности, безопасным методам труда, а также по вопросам внедрения мероприятий по технике безопасности.

Объем инструктажа устанавливается главным инженером предприятия в зависимости от характера выполняемой работы. Инструктаж должен проводиться начальником компрессорной станции.

По специальным вопросам (по первой помощи пострадавшему, мероприятиям по пожарной опасности) инструктаж должны проводить квалифицированные специалисты, врач, инструктор пожарных команд и т. п.

Инструктаж проводится по следующим темам:

а) общие правила безопасности, установленные для компрессорной станции;

б) правила ведения производственного процесса и меры безопасности;

в) правила обслуживания, содержания и **ремонта** оборудования, аппаратуры, инструмента и пр.

К самостоятельному обслуживанию компрессоров могут быть допущены только лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, имеющие стаж практической работы по обслуживанию компрессоров не менее одного месяца, знающие правила эксплуатации компрессорных установок и техники безопасности.

Во избежание возникновения и распространения пожара необходимо:

1) не засорять помещения и каналы промасленным обтирочным материалом и мусором, не оставлять на полу лужи масла и легковоспламеняющихся жидкостей, не загромождать проходы и запасные выходы;

2) все производственные и вспомогательные помещения оборудовать противопожарными средствами согласно нормам и правилам пожарной охраны;

3) противопожарные средства держать всегда в исправности, **на** видных и доступных местах;

4) весь обслуживающий персонал обучить пользованию противопожарными средствами, установленными в компрессорной станции;

5) машинный зал, а также комната дежурного по компрессорной станции должны быть связаны телефонной и звуковой сигнализацией с другими объектами предприятия; особенно с пожарным депо.

2. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПО УСТРОЙСТВУ И ЭКСПЛУАТАЦИИ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ

Для безопасной эксплуатации необходимо проектировать и сооружать компрессорную станцию в соответствии с требованиями норм и технических условий проектирования. Необходимо соблюдать технологические нормы, устанавливающие расстояния между оборудованием и стенами здания, а также минимальные проходы между выступающими частями оборудования.

Для безопасности работ обслуживающего персонала необходимо: прочное и огнестойкое здание компрессорной станции; правильно сконструированное оборудование; знание обслуживающим персоналом конструкции и устройства эксплуатируемого оборудования, а также схем коммуникаций и инструкций по эксплуатации; соблюдение нормальной температуры и чистого воздуха в производственных помещениях.

При каждой компрессорной станции должны быть бытовые помещения, устройства, размеры и оборудования которых должны удовлетворять требованиям санитарных норм [40]. Использование бытовых помещений не по назначению запрещается.

В одном из бытовых помещений компрессорной станции должна быть доброкачественная питьевая вода. Температура питьевой воды поддерживается в пределах от 10 до 15°С. Прием пищи осуществляется только в специально отведенных для этого помещениях, в комнате отдыха. В здании компрессорной станции, в общеизвестном месте и у ответственного лица должна быть аптечка.

Доступно расположенные движущиеся части машин и электродвигателей необходимо защищать металлическими ограждениями.

Высота перил принимается не менее 800 мм. В нижней части перил должна быть сплошная сетка высотой 180 мм.

Все каналы и приямки в полах перекрываются плитами.

Необходимо все сосуды, работающие под давлением свыше 0,7 атм, как вновь устанавливаемые, так и после перестановки или капитального ремонта, перед пуском в работу, а также периодически, через установленные сроки, подвергать освидетельствованию органами Госгортехнадзора. О сосудах, подлежащих очередному освидетельствованию, администрация завода обязана заранее уведомить Госгортехнадзор и по согласованию с ним установить день освидетельствования сосуда. Результаты освидетельствования должны быть записаны в шнуровые книги, зарегистрированные в Госгортехнадзоре. Запрещается работать на оборудовании, срок освидетельствования которого истек.

Принимая смену, необходимо предварительно осмотреть сосуды, арматуру и приборы.

Необходимо следить за качеством масла, за своевременностью продувки сосудов от масла и воды, а также своевременно отделять сжатый воздух от масла до поступления воздуха во внешний воздухопровод. Если в компрессоре или воздухопроводе пройдет вспышка масла,

то открывают задвижку, связывающую нагнетательный трубопровод с атмосферой, и компрессор останавливают, а затем производят разборку и осмотр участка, на котором произошла вспышка. Компрессорное масло при этом сливают из всей масляной системы компрессора и подвергают лабораторному анализу. При повторных вспышках масла компрессор необходимо остановить и проверить охлаждение компрессора.

Необходимо следить за плотностью соединений воздухопроводов, водопроводов и маслопроводов, за состоянием опор под трубопроводы; не допускать вибрирования трубопроводов, а также трения их о другие металлические предметы.

Не допускается параллельная работа в одну сеть компрессоров с различными количествами ступеней сжатия, а также компрессоров с различными конечными давлениями. Работа компрессора на давление выше номинального не рекомендуется. Допускается кратковременное повышение давления на 10% от номинального. Если давление на выходе компрессора поднялось более чем на 10%, то компрессор необходимо остановить и устранить причину перегрузки.

Все машины и сосуды, работающие под давлением, должны быть обеспечены необходимыми контрольно-измерительными приборами и предохранительными устройствами.

Необходимо следить за исправностью манометров и ежегодно их проверять. Пломбировать манометры должны уполномоченные Комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР согласно правилам.

В компрессорной станции должны находиться комплекты инструментов для производства ремонтных работ и не менее суточного запаса обтирочных и смазочных материалов. Для хранения чистого обтирочного материала, а также для складывания использованного должны быть установлены железные ящики с крышками.

Выдачу легковоспламеняющихся и огнеопасных материалов, а также наполнение ими соответствующей посуды и приборов необходимо производить вне рабочих мест и помещений в специально отведенном для этой цели месте, безопасном в пожарном отношении.

При проведении ремонтных работ необходимо пользоваться только исправным ручным инструментом, приспособлениями и подъемно-транспортными механизмами; не производить сварочные работы на воздухоборнике, на бочках и сосудах из-под масла или горючего без предварительной их пропарки и просушки; перед проведением сварочных работ на воздухоборнике, промежуточном охладителе или трубопроводах сжатого воздуха необходимо убедиться в том, что сосуды и трубопроводы не находятся под давлением и хорошо промыты.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОРШНЕВЫХ ВОЗДУШНЫХ КОМ ВЫПУСКАЕМЫХ КОМПРЕССОРНЫМИ

Проводимость компрессора по связываемому воздуху, м ³ /мин	Конечное давление нагнетания, кг/см ²	Марка компрессора	Расположение цилиндров	Количество ступеней	Мощность на валу компрессора	Число оборотов вала компрессора в минуту	Вид передачи движения от привода к компрессору	
0,04	30	РК-30	Горизонтальное	2	60 кг от руки	60 двойных ходов в мин.	От руки	
0,16	60	КВД	Вертикальное	2	5,6 л. с.	800	Клиновые ремни	
0,25	11	Модель 115		2	2,8 квт	550		
0,3	35/25	К-35	V-образное	2	5,5 л. с.	500		
0,4	18/12	К-18		2	6 л. с.	500		
0,6	10	Модель 155	Вертикальное	2	1,5 квт	1120		
1,0	220	1К-65		4	50 л. с.	500		
1,25	7	К-75		1	14 квт	975		
1,25	25	ВК25 Э	Вертикальное	2	18 квт	730		Непосредственное соединение с двигателем
1,8	200	КВ-100		4	34 квт	530		
2,7	8	135В-3/8		2	20 квт	730		
2,7	8	ЭК-16/1		2	22 квт	735		
3,0	5	ВК-3/5		V-образное	1	28 л. с.	730	Клиновые ремни
3,0	6	ВК-3/6			1	28 л. с.	730	
3,0	8	ВУ-3/8			2	18 квт	960	
3,0	200	2ру-2,5/200			4	48 квт	750	
3,0	220	2р-3/220	Вертикальное		4	60 квт	400	
			Вертикальное		4	60 квт	400	

ПРЕССОРОВ НИЗКОГО, СРЕДНЕГО И ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЙ,
ЗАВОДАМИ СОВЕТСКОГО СОЮЗА

Габариты компрессора мм			Вес, кг			Условный диаметр, мм					Расход охлаждающей воды, л/мин	Завод-изготовитель компрессора
						воздухопровода		водопровода				
длина	ширина	высота	компрессора	привода	наиболее тяжелой детали	всасывающего	нагнетательного	подводящего воду	отводящего воду			
257	170	194	29	—	—	—	—	—	—	—	Бессоновский компрессорный	
355	335	595	70	—	—	13	10	15	15	0,2	То же	
500	300	670	—	—	—	—	15	—	—	—	Бежецкий	
650	625	515	160	102	—	—	20	—	—	—	«Борец»	
650	625	515	166	102	—	—	20	—	—	—	«Борец»	
1900	462	1280	350	—	—	—	20	—	—	—	Треста «Гаро» г. Бежеца	
1130	968	1612	980	450	330	70	20	20	40	0,04	Компрессорный, г. Казань	
850	720	750	—	—	—	—	50	12	12	1,0	Турбомеханический, г. Рига	
С электродвигателем			Агрегата			—	14	14	18	18	1,0	Компрессорный, г. Мелитополь
1761	690	1370	1055			—	—	—	—	—	—	Компрессорный, г. Казань
1130	620	1625	1000			—	—	—	—	—	—	Компрессорный, г. Мелитополь
С электродвигателем			Агрегата			Электродвигателя	—	—	—	—	—	Компрессорный, г. Мелитополь
2025	835	1120	1435			565	25	25	20	20	1,0	Компрессорный, г. Мелитополь
С электродвигателем			900	465	—	—	—	32	32	—	—	То же
2040	957	1270	—			—	—	70	20	20	1	Компрессорный, г. Ереван
С электродвигателем			732	—	—	—	70	20	20	1	—	То же
1446	860	1095	—			—	—	60	20	25	1	—
880	825	1080	654	432	—	—	60	20	25	1	—	—
920	1200	1050	665	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1420	950	2250	4020	—	515	100	10	50	50	7,5	—	Компрессорный, г. Казань
С электродвигателем			3600	720	650	100	10	30	50	7,5	—	То же
3000	3500	2430	—			—	—	—	—	—	—	—

Производительность компрессора по всасываемому воздуху, м ³ /мин	Конечное давление нагнетания, кг/см ²	Марка компрессора	Расположение цилиндров	Количество ступеней	Потребная мощность на валу компрессора	Число оборотов вала компрессора в минуту	Вид передачи движения от привода к компрессору
3,0	220	2рв-3/220	Вертикальное	5	75 квт	380	Клиновые ремни
3,0	350	2 рв-3/350		6	75 квт	320	Непосредственное соединение с двигателем
4,5	6	КВ-200		1	40 квт	650	
4,5	25	2СА-25	V-образное	2	65 л. с.	480	Клиновые ремни
6,0	7	КСЭ-6м		2	52 л. с.	730	Непосредственное соединение с двигателем
7,0	220	3 р-7/220		4	135 квт	375	Клиновые ремни
10	8	200 В-10/8	Вертикальное	2	75 квт	750	Непосредственное соединение с двигателем
10	20	2р-10/20	Угловое	3	90 квт	425	Клиновые ремни
10	8	2ВП 10/8		2	60 квт	735	Клиновые ремни
10	8	2СА-8		2	83 л.с	480	Клиновые ремни
13	25	2СГ-25	Горизонтальное	2	170 л.с	365	Клиновые ремни
13	50	2СГ-50		3	195 л.с	365	Клиновые ремни
14	220	5Э-14/220		5	220 л.с	167	Непосредственное соединение с двигателем
20	8	160В-20/8	W-образное	2	140 квт	730	То же
22	7,8	ВУ-22/6	V-образное	2	144 квт	850	•
23,5	5	2СГ-1	Вертикальное	1	172 л.с	365	Клиновые ремни
25	8	2СГ-2	Вертикальное	2	200 л.с	365	Клиновые ремни

Габариты компрессора, мм			Вес, кг			Условный диаметр, мм				Расход охлаждающей воды, л/час	Завод-изготовитель компрессора
						воздухопровода		водопровода			
длина	ширина	высота	компрессора	привода	наиболее тяжелой детали	всасывающего	нагнетательного	подводящего воду	отводящего воду		
С электродвигателем 4000 3000 2500			6400	928	500	125	12	50	80	8	им. Фрунзе, г. Сумы
С электродвигателем 4000 3000 2650 1100 624 1190			6600 760	675 638	1900 —	125 80	12 60	50 20	100 20	8 0.6	То же Машиностроительный, г. Ташкент
1700	1550	3000	1900	—	350	100	50	40	70	0,5	«Борец», г. Москва
С электродвигателем					Вес агрегата 1520						
2120	905	1265	553	590	1520	100	60	—	—	—	Насосно-компрессорный, г. Катайск
С электродвигателем 4100 4000 2645			10280	1750	1350	150	50	70	100	12,6	Узбекхиммаш, г. Чирчик
С электродвигателем 2830 962 1430			1440	1280	400	150	90	25	40	3,0	Компрессорный, г. Мелитополь
2500	2500	2270	4200	1200	1100	125	40	50	70	6,0	Казань, Компрессорный
1560	1365	1550	Без маховика 1400	590	Рамы 415	160	102	25	50	2,7	«Борец», г. Москва
1700	1550	1865	2050	—	350	150	80	32	70	0,05	То же
2775	2500	2755	4650	—	1400	200	80	50	80	7,2	»
3000	2780	2880	4950	2190	1400	200	50	50	100	10,8	»
8700	3400	2300	18900	8900	3500	—	20	150	150	43	Узбекхиммаш, г. Чирчик
С электродвигателем 3330 1890 1925			3015	1850	490	150	90	40	70	4	Компрессорный, г. Мелитополь
2700	1880	1650	2400	2700	—	—	—	—	—	2,2	То же
2775	2680	2650	5250	1850	1400	200	125	80	100	4,8	«Борец», г. Москва
2775	2680	2745	5200	2500	1400	240	125	80	100	7,2	То же

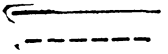
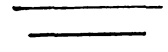
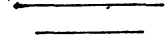
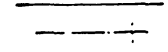
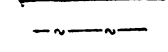
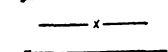
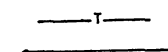
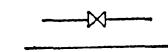
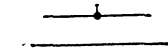
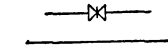
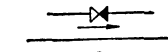
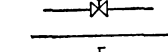
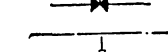
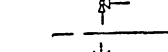
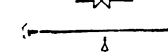

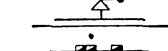
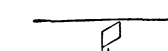

Производительность компрессора по всасываемому воздуху, л/мин	Конечное давление нагнетания, кг/см ²	Марка компрессора	Расположение цилиндров	Количество ступеней	Потребная мощность на валу компрессора	Число оборотов вала компрессора в минуту	Вид передач: движения от привода к компрессору
30	8	5ВП 30/8	Угловое	2	176 <i>квт</i>	500	Непосредственное соединение с двигателем
40	8	В300-2К	Вертикальное	2	224 <i>квт</i>	333	Плоскоременная
40	8	В300-2К	То же	2	224 <i>квт</i>	333	Непосредственное соединение с двигателем
45	7	РСК-50/7	Ротационный пластинчатый	2	320 <i>квт</i>	500	То же
50	8	ВП-50/8	Угловое	2	272 <i>квт</i>	375	»
50	200	ЗГ-50/200	Горизонтальное	5	1200 <i>квт</i>	—	»
60	2	5ВП60/2	Угловое	1	170 <i>квт</i>	500	»
100	8	55В	Горизонтальное	2	592 <i>квт</i>	167	»
100	8	2ВГ-8	То же	2	771 <i>л.с.</i>	167	»
100	8	ВГ-100/8	»	2	565 <i>квт</i>	187	»
100	200	6000/200	»	5	1768 <i>квт</i>	125	»
100	200	ЗГ-100/200	»	5	2000 <i>квт</i>	125	»
125	200	З/ЧГ-125/200	»	5	1130 <i>квт</i>	125	»
200	2,5	4ВГ	»	2	830 <i>л.с.</i>	167	»























Габариты компрессора, мм			Вес, кг			Условный диаметр, мм				Расход охлаждающей воды, л/час	Завод-изготовитель компрессора
						воздухопровода		водопровода			
длина	ширина	высота	компрессора	привода	наиболее габаритной детали	всасывающего	нагнетательного	подводящего воду	отводящего воду		
2405	1810	2600	4500	—	Рама 1165	236	134	25	70	8,4	«Борец», г. Москва
С электродвигателем 7600 4400 2470			9420	—	1030	250	150	—	—	13,0	Узбекхиммаш, г. Чирчик
С электродвигателем 3700 3200 2570			7700	5100	1030	250	150	—	—	13,0	Компрессорный, г. Краснодар
С электродвигателем 6650 2760 1930			1100	2500	—	200	125	50	70	8,0	им. Фрунзе, г. Сумы
3850	3100	3350	6600	4200	—	220	150	—	—	10,0	Компрессорный, г. Краснодар
13000	7500	3300	80250	—	—	—	—	—	—	—	Им. Фрунзе, г. Сумы
2400	2115	2525	5000	—	Рама 1165	236	275	25	70	8,4	«Борец», г. Москва
6600	4500	2500	25700	—	10000	350	200	70	70	28,0	Компрессорный, г. Пенза
7600	6780	2450	21500	11300	Вес ротора 6350	400	200	50	50	28,0	«Компрессор», г. Москва
7000	4880	2500	20900	11200	Вес ротора с валом 8600	350	200	80	100	85	«Компрессор», г. Москва
—	—	—	—	54000	51000	500	60	200	350	160	Компрессорный, г. Сумы
13000	7500	3300	150800	54000	51000	—	—	—	—	—	То же
12900	5178	2340	108671	41530	15000	500	—	—	—	90	Компрессорный, г. Пенза
7280	5600	2500	22470	11300	Вес ротора 6350	400	200	32	—	6	«Компрессор», г. Москва

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ КОМПРЕССОРНЫХ МАШИН, ВЫПУСКАЕМЫХ НЕВСКИМ
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫМ ЗАВОДОМ ИМ. ЛЕНИНА

Производительность ком- прессора, отнесенная к ус- ловным всасывания, м ³ /мин	Конечное давление, кг/см ²	Марка компрессора	Число оборотов вала ком- прессора, об/мин	Потребляемая мощность, кВт	Моховый момент, привде- ний к муфте привода, кг/м ²	Привод			Редуктор		Вес нетто	
						тип	максимальная мощ- ность, кВт	рабочий диа- пазон оборо- тов, об/мин	тип	вес нетто, т	общий вес в объеме поставки, т	собственно машин- ная, т
4000	3,8	К-4250-41-1	3250	13500	3700	Паровая турбина АКВ-18-1	17300	2500—3400	—	—	93,6	64
3250	3,8	К-3250-41-1	3250	10500	2700	Паровая турбина АКВ-12-III	12000	2500—3500	—	—	80,7	60
2250 2450	3,7 3,5	К-2500-42-1	3000	7260	2935	Электродвигатель СТМ-12000-2, 6000 в	9000	3000	—	—	66,6	49,7
1380 1560	7,45 7,65	К-1500-61-1	4450 4650	7350 8300	3000	АКВ-9-1У или электро- двигатель СТМ-12000-2	9000	2500—3500	8300 P=1,35	7,06	75,2	45,2
500	9,0	К-500-61-1	7600	3010	730	Электродвигатель СТМ-3500-2, 6000 в	3400	3000	3500 P=2,53	—	—	—
370	7,35	К-350-61-1	8600	1810	820	Электродвигатель СТМ-3500-2, 6000 в	2500	3000	2000 P=2,87	—	20,2	8,5
250	9,0	К-250-61-1	11000	1500	250	Электродвигатель СТМ-1500-2, 6000 в	1750	3000	1500 P=3,69	1,64	17,0	6,7

ПРИНЯТЫЕ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ К СХЕМАМ

	Трубопровод всасываемого воздуха
	Трубопровод сжатого воздуха (основной)
	Трубопровод сжатого воздуха (вспомогательный)
	Трубопровод выпуска сжатого воздуха в атмосферу
	Трубопровод продувки сосудов для выпуска масла и влаги
	Трубопровод холодной воды
	Трубопровод теплой воды
	Вентиль запорный фланцевый
	Вентиль запорный муфтовый
	Задвижка
	Клапан обратный
	Клапан, регулирующий давление
	Клапан самозапорный автоматический и с ручным запором
	Кран трехходовой к манометру
	Клапан предохранительный пружинный с отводом
	Клапан предохранительный пружинный без отвода
	Клапан предохранительный грузовой с отводом
	Клапан предохранительный грузовой без отвода
	Клапан редукционный (понижающий)
	Переход трубы с одного диаметра на другой
	Выпуск воздуха в атмосферу
	Направление движения среды

	Заглушка на трубопроводе
	Термометр ртутный показывающий
	Микроманометр чашечный
	Воронка сливная
	Диафрагма камерная
	Расходомер-дифманометр поплавковый бесшкальный с индукционным датчиком
	Манометр
	Прибор вторичный самопишущий
	Термометр манометрический
	Электродвигатель
	Конденсатоотводчик
	Отбор импульса давления или разрежения
	Термобаллон манометрического термометра
	Самопишущий прибор температуры
	Самопишущий прибор температуры с контактным устройством
	Показывающий прибор давления
	Самопишущий прибор давления с контактным устройством
	Самопишущий прибор расхода с интегратором
	Счетчик количества жидкости
	Ключ или кнопка управления
	Лампа сигнальная или табло
	Звонок технологической сигнализации

ЛИТЕРАТУРА

1. *Берман Л. Д.*, Испарительное охлаждение циркуляционной воды, Госэнергоиздат, 1957.
2. *Борохович А. И., Носырев Б. А.*, Испытание и наладка поршневых компрессоров, Metallurgizdat, 1954.
3. *Быстров А. А., Быстрова О. М.*, Эксплуатация рудничных поршневых компрессорных установок, Углетехиздат, 1954.
4. *Воронов В. И., Ловцкий Н. Н.*, Проектирование силового электрооборудования промышленных предприятий, Госэнергоиздат, 1950.
5. Главхиммаш, Каталог-справочник, Компрессоры воздушные и газовые, Машгиз, 1950.
6. *Глизманенко Д. Л.*, Получение кислорода, Госхимиздат, 1956.
7. Госгортехнадзор СССР, Правила устройства и безопасности эксплуатации сосудов, работающих под давлением, Углетехиздат, 1957.
8. Госгортехнадзор СССР, Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов, Metallurgizdat, 1957.
9. Госгортехнадзор СССР, Правила устройства, установки, содержания и обслуживания паропроводов и трубопроводов горячей воды, Углетехиздат, 1953.
10. *Гусев В. Ф.*, Монтаж и наладка турбокомпрессоров, Машгиз, 1956.
11. Инструкция по составлению проектов и смет по промышленному и жилищно-гражданскому строительству, Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1957.
12. *Ильичев А. С.*, Рудничные пневматические установки, Собрание трудов, т. 1, Углетехиздат, 1953.
13. Инструкция по назначению типов каменных стен при проектировании зданий (И 102-55), Госстройиздат, 1955.
14. *Кнорринг Г. М.*, справочник для проектирования электрического освещения, Госэнергоиздат, 1956.
15. Компрессоры и насосы, Каталог нефтяного оборудования, Госоптехиздат, 1958.
16. *Косточкин В. И., Ляховский А. И.*, Воздуходувные машины станций, Metallurgizdat, 1940.
17. *Лисичкин В. Е., Горшков А. М.*, Компрессорные машины, Госэнергоиздат, 1948.
18. *Малишевский Н. Г., Колобков П. С., Кондратьев Н. И., Малова Н. М.*, Проектирование и эксплуатация водопроводных и канализационных насосных станций, Госстройиздат, 1953.
19. Машиностроение (Энциклопедический справочник), т. 12, Машгиз, 1946.
20. Машиностроение (Энциклопедический справочник), т. 14, Машгиз, 1946.
21. *Миронов К. А., Шинетин Л. И.*, Теплотехнические измерительные приборы, Справочные материалы, Машгиз, 1954.
22. Министерство промышленности строительных материалов СССР, Фильтры и пылеотделители для очистки воздуха от пыли, Главсантехпром, выпуск 8, 1955.
23. Минтяжстрой СССР, Технические условия проектирования фундаментов под машины с динамическими нагрузками (СН 18-58), Госстройиздат, 1949.
24. Министерство электростанций СССР, Государственная инспекция по промышленности и энергетическому надзору (автор канд. техн. наук доцент Абрамович А. Д.), Руководящие указания по эксплуатации воздушных поршневых компрессоров, Госэнергоиздат, 1957.

- 25 *Мурин Г. А.* Теплотехнические измерения, Госэнергоиздат, 1956.
26. *Назаренко У. П.*, Эксплуатационные испытания и повышение экономичности компрессорных установок, Оборонгиз, 1953
- 27 Нормы и технические условия проектирования наружного водопровода промышленных предприятий и поселков при них. НиТу 126-55, Госстройиздат, 1955.
28. Нормы и технические условия проектирования каменных и армокаменных конструкций (НиТу 120-55), Госстройиздат, 1955.
29. Нормы и технические условия проектирования складских предприятий и хозяйств для хранения легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, НиТу 108-56, Госстройиздат, 1957.
30. Основные положения по унификации конструкций производственных зданий, Госстройиздат, 1955.
- 31 Правила 27-56 по применению и проверке расходомеров с нормальными диафрагмами, соплами и трубами Вентури, Машгиз, 1957.
32. Правила устройства, содержания и обслуживания воздушных компрессоров и воздухопроводов, Постановление ВЦСПС от 2 апреля 1935.
33. Правила устройства электроустановок, Госэнергоиздат, 1957.
34. Правила техники безопасности при эксплуатации электротехнических установок промышленных предприятий, Госэнергоиздат, 1954.
35. Проектирование промышленных предприятий, Коллектив авторов, под общей ред. П. М. Френкеля, Госстройиздат, 1952.
- 36 Противопожарные нормы строительного проектирования промышленных предприятий и населенных мест (Н-102-54), Госстройиздат, 1954.
37. Правила устройства содержания и освидетельствования баллонов для сжатых сжиженных и растворенных газов, Госэнергоиздат, 1953.
38. Руководящие указания по нормированию удельных расходов электроэнергии в компрессорных установках (составитель Рубанович Д. И.), Госэнергоиздат, 1946.
39. *Савинов О. А.*, Фундаменты под машины, Госстройиздат, 1955.
40. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий (Н101-54), Госстройиздат, 1958.
41. Справочник по горнорудному делу, т. II., Металлургиздат, 1952.
42. *Стоцик Л. И.*, Компрессоры и воздуходувки, ГОНТИ, 1939.
43. Строительные нормы и правила (СНиП), Госстройиздат, 1956.
44. Указания к применению сборных железобетонных конструкций и деталей в строительстве (У 107-56), Госстройиздат, 1956.
45. *Якадин А. И.*, Эксплуатация воздушных компрессоров, Госэнергоиздат, 1957.
46. Горный журнал № 2, 1957.
47. Кислород № 1, 1958, Иностранная техника.
48. Промышленная энергетика № 10, 1958, инж. В. П. Лукьянов, Автоматическое управление компрессорными установками типа «Борец».

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
<i>Предисловие</i>	3
Глава I. Компрессоры и их приводы	5
1. Общие сведения о машинах, сжимающих воздух	5
2. Поршневые компрессоры	6
3. Ротационные компрессоры	24
4. Турбокомпрессоры	28
5. Отечественные и зарубежные компрессоры	34
6. Выбор компрессоров	38
7. Привод компрессора	41
8. Определение мощности привода компрессора	42
Глава II. Вспомогательное оборудование компрессорных станций	48
1. Назначение вспомогательного оборудования	—
2. Фильтркамеры и фильтры	49
3. Конечные охладители сжатого воздуха	63
4. Масловодоотделители	71
5. Воздухосборники и воздухохранительные емкости	75
6. Установки для осушки сжатого воздуха	83
7. Наполнительные рамы	93
Глава III. Технологические схемы компрессорных станций	94
1. Назначение схем и рекомендаций по их составлению	94
2. Типичные принципиальные схемы компрессорных установок	97
3. Технологические схемы компрессорных станций низкого давления	101
4. Технологические схемы компрессорных станций высокого давления	103
Глава IV. Нагрузки на компрессорную станцию и методы их расчета	107
1. Общие понятия	107
2. Методы определения нагрузок на компрессорную станцию	107
3. Расчет производительности компрессорной станции	115
4. Графики нагрузок на компрессорную станцию	118
5. Графики давлений сжатого воздуха	120
6. Регулирование производительности компрессоров и давления нагнетаемого воздуха	122
7. Влияние начальных параметров воздуха на производительность компрессорной станции	124
8. Методы повышения производительности компрессорных станций, находящихся выше уровня моря	126
9. Влияние конечных параметров воздуха на экономичность работы компрессорной станции	128
Глава V. Водоснабжение и канализация	131
1. Общие сведения	131
2. Методы определения расхода охлаждающей воды	133
3. Выбор системы водоснабжения и охладительных устройств	135
4. Принципиальные схемы оборотного водоснабжения компрессорных станций	138
5. Выбор насосов схемы оборотного водоснабжения	142

Глава VI. Электрическое оборудование и электроснабжение	147
1. Электрический привод компрессора	147
2. Аппаратура управления и защиты электродвигателей переменного тока	151
3. Электроснабжение компрессорных станций	153
4. Компоновки трансформаторных подстанций	160
5. Электрическое освещение компрессорных станций	163
6. Заземление	165
Глава VII. Маслохозяйство компрессорной станции	166
1. Смазочные материалы и их потребители	166
2. Определение потребности компрессорной станции в смазочных материалах	170
3. Хранение, эксплуатация и восстановление смазочных материалов	172
Глава VIII. Компоновки компрессорных станций	175
1. Основные требования, предъявляемые к компоновкам компрессорных станций	175
2. Состав сооружений и выбор варианта компоновки компрессорной станции	175
3. Машинный зал	184
4. Помещение насосов водоснабжения	197
5. Помещение промывки фильтров и кладовая масел	197
6. Бытовые и вспомогательные помещения	198
Глава IX. Здания и вспомогательные сооружения компрессорных станций	199
1. Генеральный план и выбор площадки для расположения компрессорной станции	199
2. Архитектурно-конструктивные требования, предъявляемые к устройству зданий и сооружений компрессорных станций	201
3. Фундаменты под компрессоры	216
4. Отопление и вентиляция	232
Глава X. Грузоподъемные средства, применяющиеся в компрессорных станциях	233
1. Назначение и выбор грузоподъемных средств	233
2. Технические данные о грузоподъемных устройствах, наиболее широко применяющихся в компрессорных станциях	236
Глава XI. Трубопроводы и арматура	241
1. Назначение и виды трубопроводов компрессорных станций	241
2. Требования, предъявляемые к устройству воздухопроводов	244
3. Методы расчета воздухопроводов	245
4. Способы прокладки внутростанционных и межцеховых воздухопроводов	248
5. Монтаж трубопроводов	250
6. Испытание трубопроводов	252
7. Изоляция и окраска трубопроводов	253
8. Арматура трубопроводов	254
Глава XII. Контроль работы компрессорной станции	256
1. Задачи и объекты контроля	256
2. Контрольные и измерительные приборы	257
3. Щиты управления и схемы теплотехнического контроля	261
Глава XIII. Автоматизация компрессорных станций	267
1. Применение средств автоматизации в компрессорных станциях	267
2. Автоматическое регулирование производительности	268
3. Применение автоматики в системе водоснабжения компрессорной станции	269
4. Автоматическая защита и блокировка	269

Компрессорные станции можно условно классифицировать по суммарной производительности всех установленных на станции компрессоров: 1) малые компрессорные станции — производительностью до $100 \text{ м}^3/\text{мин}$; 2) средние — производительностью от 100 до $500 \text{ м}^3/\text{мин}$; 3) большие — производительностью более $500 \text{ м}^3/\text{мин}$. Проектирование, строительство и эксплуатация компрессорных станций должны осуществляться с соблюдением действующих нормативов и определенных правил, выработанных практикой.

При проектировании, устройстве и эксплуатации компрессорных станций необходимо учитывать степень пожарной опасности и взрывоопасности технологического процесса.

По степени пожарной опасности технологического процесса компрессорные станции, производящие сжатый воздух, относятся к категории Д, т. е. к производствам, связанным с обработкой негорячих веществ и материалов в холодном состоянии. Однако в компрессорных станциях, сжимающих воздух давлением свыше $0,7 \text{ атм}$, может произойти взрыв агрегатов или сосудов вследствие неправильной их конструкции или эксплуатации, особенно возможны взрывы при воспламенении горючих материалов, попавших в сжатый воздух. Поэтому при монтаже и эксплуатации компрессоров, вспомогательного оборудования и трубопроводов следует соблюдать соответствующие нормы и правила, а также удовлетворять общие требования, предъявляемые к промышленным объектам аналогичной категории.

Предлагаемая книга частично восполняет имеющийся пробел в литературе по проектированию, монтажу и эксплуатации компрессорных станций.

В последовательности, соответствующей реальному проектированию, и в объеме, позволяющем осуществлять руководство персоналом, обслуживающим компрессорную станцию, рассмотрены наиболее широко применяющиеся новейшие типы компрессоров, конструкции фильтров, охладителей, масловодоотделителей и оборудования для очистки и осушки сжатого воздуха, а также воздухооборников, арматуры и приборов, применяющихся в компрессорных установках. Даются указания по составлению технологических схем и компоновок компрессорных станций, а также методы расчетов и выбора оборудования.

На основе новых типовых проектов компрессорных станций и руководящих материалов, разработанных проектными институтами Советского Союза, а также данных отечественной и зарубежной литературы даются рекомендации по проектированию и эксплуатации компрессорных станций, оборудованных средствами автоматизации и сигнализации.

Предисловие и главы I—V, VII, VIII, X—XVI, а также приложения I—V написаны инж. И. Г. Блейхером. Главу IX написал инж. В. П. Лисеев, а главу VI составил инж. А. Е. Хомутецкий. В составлении главы XII принимал участие инж. Л. Н. Спитковский.

Глава 1

КОМПРЕССОРЫ И ИХ ПРИВОДЫ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МАШИНАХ, СЖИМАЮЩИХ ВОЗДУХ

Машины для сжатия и нагнетания воздуха в основном отличаются по конечному давлению нагнетаемого воздуха и принципу работы. Машины, сжимающие воздух до избыточного давления ниже $0,1 \text{ ати}$, называются вентиляторами, а сжимающие воздух до 3 ати — воздуходувками и нагнетателями. Машины, сжимающие воздух выше 3 ати , называются воздушными компрессорами. Однако в последнее время промышленностью выпускаются вентиляторы, воздуходувки и нагнетатели, сжимающие воздух до давлений, указанных выше, а также отдельные марки компрессоров, сжимающих воздух до давления ниже 3 ати .

По принципу работы компрессоры разделяются на: *поршневые, ротационные, центробежные и осевые.*

В поршневом компрессоре сжатие воздуха производится в цилиндре посредством поршня, совершающего возвратно-поступательное движение.

В ротационном компрессоре сжатие воздуха производится в камерах, образующихся между стенками цилиндра и пластинками вращающегося ротора.

В центробежной машине, называемой турбокомпрессором, сжатие воздуха производится вращающимся рабочим колесом, снабженным лопатками; направление потока воздуха в турбокомпрессоре — радиальное.

В осевом компрессоре сжатие воздуха производится между лопатками вращающегося колеса и стенками направляющего аппарата; направление потока воздуха в осевом компрессоре — вдоль его оси.

Применение того или иного типа компрессора зависит от конкретных условий, в которых он должен работать.

Поршневые компрессоры, сжимающие воздух от 5 до 1000 ати и производительностью до $100 \text{ м}^3/\text{мин}$, рационально применять в компрессорных станциях производительностью до $500 \text{ м}^3/\text{мин}$.

Ротационные компрессоры применяют для сжатия воздуха до 15 ати . Производительность ротационного компрессора обычно не превышает $100 \text{ м}^3/\text{мин}$.

Осевые компрессоры и турбокомпрессоры целесообразно применять в передвижных или стационарных компрессорных установках для создания давлений сжатого воздуха от 0,5 до 10 *ати* в производствах, потребляющих воздух более 500 *м³/мин.*

В зависимости от давления всасываемого воздуха компрессоры бывают нормальными и дожимными; у первых — давление воздуха у всасывающего патрубка равно атмосферному, у вторых — выше атмосферного.

По числу ступеней сжатия компрессоры делятся на одноступенчатые, двухступенчатые и многоступенчатые. Подробные описания схем и конструкций одноступенчатых и многоступенчатых компрессоров приведены в литературе.

В зависимости от способа приведения компрессора в действие компрессоры бывают приводными и газомоторными.

Приводной компрессор представляет собой агрегат, состоящий из компрессора и его привода, т. е. двигателя, приводящего его в действие. Компрессор и привод соединяются между собой муфтой, редуктором или ременной передачей.

Агрегат, представляющий собой одну машину, состоящую из газового двигателя и компрессора, называется газомоторным компрессором.

В воздушных компрессорных станциях машиностроительных предприятий в основном применяются приводные поршневые компрессоры и значительно реже ротационные и турбокомпрессоры.

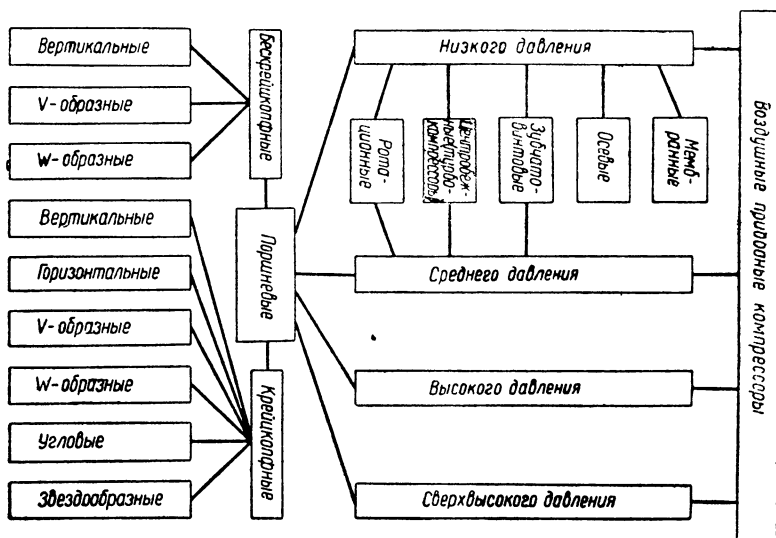
Поршневые компрессоры выпускаются большой номенклатурой марок разной производительности, от долей до нескольких сотен кубических метров в минуту, и развивают давление от одной до сотен тысяч атмосфер. Поршневые компрессоры надежно работают в тяжелых условиях и при непрерывной круглосуточной эксплуатации. Схема классификации приводных воздушных компрессоров дана на фиг. 1.

2. ПОРШНЕВЫЕ КОМПРЕССОРЫ

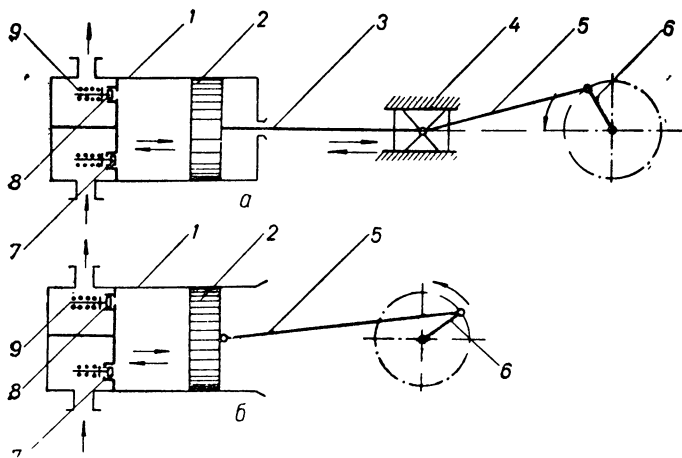
Процесс сжатия воздуха в поршневом компрессоре (фиг. 2) происходит в такой последовательности.

В цилиндре 1 поршень 2 совершает возвратно-поступательное движение. При движении поршня слева направо объем между внутренними стенками цилиндра и рабочей стороной поршня увеличивается, образуется разрежение, и атмосферный воздух поступает в компрессор через всасывающий клапан 7; нагнетательный клапан 8 при этом закрыт под действием пружины 9.

При движении поршня 2 вправо происходит сжатие всосанной порции воздуха. Всасывающий клапан 7 закрывается, а нагнетательный клапан 8 открывается, так как давление сжимаемого воздуха в цилиндре становится выше атмосферного и в конце процесса сжатия достаточным для преодоления сопротивления пружины 9. Одноступенчатый компрессор, работающий по описанной схеме, совершает полный рабочий



Фиг. 1. Схема классификации воздушных приводных компрессоров



Фиг. 2. Схема работы одноступенчатого поршневого компрессора простого действия

а — с крейкопфом; б — без крейкопфа; 1 — цилиндр; 2 — поршень; 3 — шток; 4 — крейкопф; 5 — шатун; 6 — кривошип; 7 — клапан всасывающий; 8 — клапан нагнетательный; 9 — пружина.

цикл, который в $P - V$ координатах изображается диаграммой теоретического процесса (фиг. 3).

Линия 1—2 соответствует ходу поршня вправо, при котором происходит всасывание воздуха в цилиндр. Этот процесс — изобарический, т. е. при постоянном давлении в цилиндре P_1 равен атмосферному, и длится до конца хода поршня — точки 2.

Линии 2—3, 2—3' или 2—3'' соответствуют движению поршня влево, которое сопровождается сжатием воздуха до конечного давления P_2 , т. е. давления в нагнетательном воздухопроводе. Линия 3—4 показывает, что при дальнейшем движении поршня влево идет процесс нагнетания до точки 4. Расширение происходит изохорически, т. е. при постоянном объеме по линии 4—1.

Когда сжатие происходит при постоянной температуре (изотермически), то произведение давления на удельный объем для 1 кг воздуха является величиной постоянной, т. е.

$$Pv = \text{пост.}$$

На фиг. 3 кривая изотермического процесса проходит между точками 2 и 3'. Рассмотренный процесс работы компрессора называют идеальным.

Если принять, что сжатие воздуха происходит без теплообмена между воздухом и стенками цилиндра (адиабатический процесс), то его закономерность выразится уравнением

$$Pv^\kappa = \text{пост.},$$

где κ — показатель адиабатического процесса, равный 1,4.

Адиабатическому сжатию соответствует кривая 2—3'' (фиг. 3).

Изотермический и адиабатический процессы не отражают полностью действительного процесса, происходящего в цилиндре, охлаждаемом водой, и сопровождающегося отводом части тепла, выделяющегося при сжатии воздуха.

Действительный процесс сжатия в компрессоре (кривая 2—3 на фиг. 3) называется политропическим и выражается уравнением

$$Pv^m = \text{пост.},$$

где m — показатель политропического процесса.

На работу компрессора оказывают влияние: вредное (мертвое) пространство, из которого воздух не может быть вытеснен поршнем, потери давления при всасывании и нагнетании, подогрев воздуха в процессе всасывания и действительного процесса сжатия.

Величина вредного пространства указывается в паспорте компрессора. Она складывается из вредного пространства цилиндра, а также у всасывающих и нагнетательных клапанов с учетом объема проходных окон.

Вредное пространство уменьшает полезный объем воздуха, засасываемого в единицу времени, и тем самым увеличивает расход энергии по трем причинам: вредное пространство делает объем цилиндра большим, чем объем, описанный поршнем; воздух, оставшийся во вредном пространстве после выталкивания, при обратном ходе поршня расширяется, и объем его, соответствующий давлению всасывания, значительно увеличивается, в результате чего объем всасывания свежего воздуха уменьшается соответственно на ту же величину. Наконец, температура воздуха в процессе расширения его во вредном пространстве изменяется и может оказаться выше температуры поступающего воздуха, вследствие чего происходят подогрев и дополнительное расширение всосанного воздуха, вызывающие также объемные потери.

Величина вредного пространства выражается формулой

$$V_0 = V'_0 + V''_0 - V'''_0 \text{ м}^3,$$

где V'_0 — вредное пространство цилиндра;

V''_0 — объемы вредного пространства у всасывающих и нагнетательных клапанов компрессора;

V'''_0 — объем вредного пространства проходных окон.

Величина, отнесенная к объему, описываемому поршнем в данной полости, выражается формулой

$$\epsilon = \frac{V_0}{V}.$$

Эта величина характеризует степень совершенства конструкции компрессора.

Рабочий процесс компрессора с наличием вредного пространства изображается $P - V$ диаграммой действительного процесса (фиг. 4), которая показывает, что процесс нагнетания закончился в точке 4, но из-за наличия воздуха во вредном пространстве будут иметь место объемные потери, учитываемые объемным коэффициентом λ_0 .

$$\lambda_0 = \frac{v_{ac}}{V}$$

ИЛИ

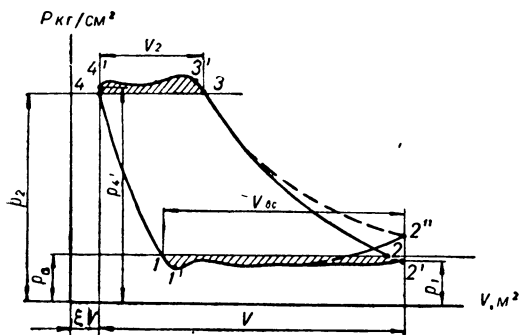
$$\lambda_0 = 1 - \epsilon \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{1}{m_1}} - 1 \right],$$

где $V_{вс}$ — объем воздуха, всасываемого компрессором;
 V — объем, описанный поршнем;
 ϵ — относительное вредное пространство;

$$\frac{p_2}{p_u} = \tau \text{ — степень сжатия;}$$

m_1 — показатель политропического процесса расширения воздуха во вредном пространстве.

В компрессорах эти величины колеблются в пределах: $\lambda_0 = 0,2—1,0$; $\epsilon = 2—10\%$; $\tau = 6—7$; $m_1 = 1,2—1,45$.



Фиг. 4. Диаграмма действительного процесса в цилиндре поршневого компрессора.

Одним из важнейших показателей характеристики компрессора является его производительность. Производительностью воздушного компрессора называется весовое количество воздуха, подаваемое компрессором в нагнетательный воздухопровод в единицу времени.

Чаше всего производительность компрессора выражают в объемных единицах, для чего вес воздуха, подаваемого компрессором G , заменяется объемом воздуха V , отнесенным к условиям всасывания (у всасывающего патрубка компрессора) по формуле

$$V = Gv \text{ м}^3,$$

где v_0 — удельный объем воздуха во всасывающем патрубке, $\text{м}^3/\text{кг}$.

Теоретическая объемная производительность идеального, не имеющего потерь, одноступенчатого одноцилиндрового поршневого компрессора равна объему, описываемому поршнем компрессора в цилиндре в единицу времени

$$Q_m = V = \frac{\pi D^2}{4} S n \text{ м}^3/\text{мин},$$

где D — диаметр цилиндра, м ;

S — ход поршня, м ;

n — число оборотов вала компрессора в одну минуту.

Теоретическая весовая производительность компрессора равна

$$G_m = Q_m \gamma_{св} \text{ кг/мин},$$

где $\gamma_{св}$ — удельный вес сухого воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$.

В практике действительная производительность компрессора меньше теоретической ввиду наличия вредного пространства, а также из-за утечек воздуха, которые происходят через всасывающие клапаны во всасывающий воздухопровод при сжатии и нагнетании и через

нагнетательные клапаны обратно в цилиндр в процессе расширения и всасывания воздуха, а также через поршневые кольца. Действительная производительность меньше теоретической также из-за потерь давления в конце всасывания, вызванных сопротивлением фильтра, всасывающего трубопровода и всасывающих клапанов.

Снижение производительности компрессора происходит за счет подогрева и расширения засасываемого воздуха, который, соприкасаясь с горячими каналами клапанов и стенками цилиндра, нагревается и занимает больший объем. Это снижение производительности компрессора достигает иногда 10 %.

На производительность компрессора влияет также влажность воздуха, так как с увеличением относительной влажности воздуха возрастает газовая постоянная сухого воздуха R_c , находящаяся в следующей зависимости от объемного веса:

$$\gamma = \frac{P_1}{R_c T} \text{ кг/м}^3,$$

где P_1 — давление смеси сухого воздуха и водяного пара, кг/м^2 ;
 $R_c = 29,27$ — газовая постоянная сухого воздуха, $\text{кгМ/кг} \cdot \text{град}$;
 T — абсолютная температура всасываемого воздуха, $^\circ\text{C}$.

Все объемные потери действительного процесса компрессора при всасывании воздуха учитываются коэффициентом подачи компрессора, который выражается отношением фактически подаваемого объема воздуха за один ход поршня к объему, описываемому поршнем компрессора за один ход:

$$\lambda = \frac{V_{\text{пол}}}{V} = \frac{Q_d}{Q_m}.$$

Коэффициент подачи учитывает все отклонения от идеального процесса следующим выражением:

$$\lambda = \lambda_o \lambda_p \lambda_m \lambda_\varphi \lambda_c,$$

где λ_o — объемный коэффициент, учитывающий объемные потери (определяемый по номограмме [2]);

λ_p — коэффициент, учитывающий снижение давления в конце всасывания, принимаемый по табл. 1;

λ_m — коэффициент, учитывающий снижение производительности компрессора вследствие нагрева воздуха, определяемый по

$$\text{приближенной формуле } \lambda_m = 1,01 - 0,022 \frac{P_2}{P_1}.$$

(P_1 и P_2 — давления в начале и в конце процесса сжатия воздуха в цилиндре).

λ_φ — коэффициент, учитывающий влияние влажности воздуха на производительность компрессора;

λ_c — коэффициент герметичности, учитывающий утечки воздуха из первой ступени; $\lambda_c = 0,95 - 0,98$.

Значение коэффициента λ_p при изменении атмосферного давления от 720 до 770 мм рт. ст.

Потери давления ΔP , л/см ²	Атмосферное давление, мм рт. ст.										
	720	725	730	735	740	745	750	755	760	765	770
	атмосферное давление, кг/см ²										
	0,9792	0,9860	0,9928	0,9996	1,0064	1,0132	1,0200	1,0268	1,033	1,0404	1,0472
0,025	0,9755	0,9753	0,9751	0,9750	0,9748	0,9746	0,9744	0,9743	0,9741	0,9739	0,9738
0,05	0,9511	0,9506	0,9503	0,9500	0,9496	0,9493	0,9490	0,9486	0,9483	0,9480	0,9476
0,10	0,9020	0,9014	0,9007	0,9000	0,8993	0,8986	0,8979	0,8973	0,8966	0,8959	0,8952
0,15	0,8532	0,8521	0,8510	0,8500	0,8490	0,8480	0,8470	0,8460	0,8450	0,8440	0,8430
0,20	0,8042	0,8028	0,8014	0,8000	0,7987	0,7973	0,7960	0,7947	0,7934	0,7919	0,7905
0,25	0,7552	0,7535	0,7518	0,7500	0,7483	0,7466	0,7450	0,7432	0,7417	0,7398	0,7382
0,30	0,7063	0,7042	0,7021	0,7001	0,6980	0,6960	0,6940	0,6920	0,6901	0,6887	0,6858
0,35	0,6573	0,6549	0,6525	0,6502	0,6477	0,6453	0,6430	0,6406	0,6384	0,6358	0,6334

Таким образом, действительная объемная производительность одноцилиндрового одноступенчатого поршневого компрессора простого действия равна

$$Q_0 = \lambda \frac{\pi D^2}{4} S n \text{ м}^3/\text{мин}.$$

Действительная производительность одноцилиндрового одноступенчатого компрессора двойного действия равна

$$Q_0 = \frac{\pi}{4} (2D^2 - d_{ш}^2) S n \lambda \text{ м}^3/\text{мин},$$

где $d_{ш}$ — диаметр штока, м.

Производительность воздушного компрессора, указанная в паспорте компрессора, дается заводом-изготовителем по данным сдаточных испытаний и зависит от климатических условий, при которых производились испытания. Например, для Московской области производительность компрессора марки 2СГ-50 по всасыванию равна $13 \pm 5\% \text{ м}^3/\text{мин}$. При других климатических условиях производительность этого компрессора будет иной. Поэтому на практике и в расчетах определяют производительность компрессора с учетом фактического давления и действительной температуры всасываемого воздуха.

Для того чтобы величину объемной производительности компрессора, указанную заводом-изготовителем в его паспорте, привести к нормальным условиям, пользуются формулой

$$Q_n = \frac{T_0}{T_{ac}} \cdot \frac{P_{ac}}{P_0} Q_0 \text{ нм}^3/\text{мин},$$

где P_0 — давление воздуха, равное 10333 кг/м^2 ;

T_0 — абсолютная температура атмосферного воздуха при нормальных условиях (273° К или 0° С).

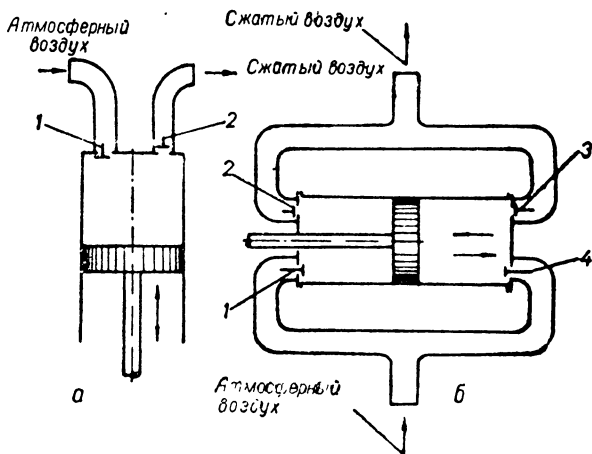
В зависимости от производительности компрессора выбирают мощность привода компрессора.

Производительность выбранного компрессора должна соответствовать его нагрузке. Нагрузка на компрессор складывается из коли-

чества воздуха, расходуемого в единицу времени пневмоприемниками, и воздуха, бесполезно теряющегося в сети за нагнетательным патрубком компрессора.

Поршневые компрессоры различают:

- 1) по способу действия: простого и двойного действия;
- 2) по числу работающих цилиндров: одноцилиндровые и многоцилиндровые;



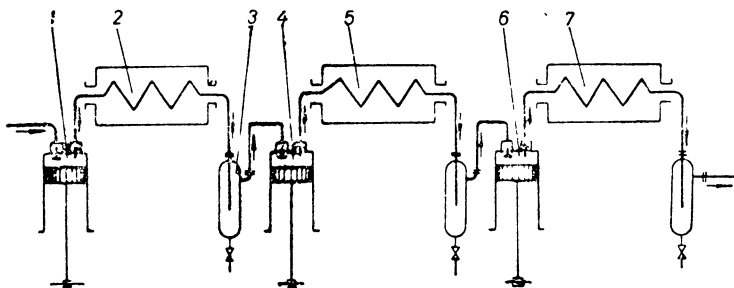
Фиг. 5 Схема работы поршневых компрессоров:

а — простого действия, *б* — двойного действия; 1 и 4 — всасывающие клапаны, 2 и 3 — нагнетательные клапаны,

- 3) по способу сжатия: одноступенчатые и многоступенчатые;
- 4) по конструктивному исполнению: вертикальные, горизонтальные и угловые; однорядные и двухрядные — с последовательным и параллельным расположением цилиндров; с простым и дифференциальным поршнем; крейцкопфные и бескрейцкопфные,
- 5) по способу охлаждения цилиндров и сжимаемого воздуха: с водяным и воздушным охлаждением;
- 6) по числу оборотов вала компрессора: на тихоходные (до 200 об/мин) и быстроходные (от 500 до 1000 об/мин);
- 7) по производительности: до 10 м³/мин — малой производительности; от 10 до 100 м³/мин — средней производительности; свыше 100 м³/мин — большой производительности;
- 8) по конечному давлению нагнетаемого воздуха: низкого давления (до 25 атм); среднего давления (до 60 атм); высокого давления (до 350 атм) и сверхвысокого давления (свыше 350 атм).

Поршневые воздушные компрессоры, работающие по схеме простого и двойного действия, приведены на фиг. 5. В схеме компрессора простого действия (фиг. 5, *а*) цилиндр с одной стороны открыт, с другой имеет крышку, в которой расположен всасывающий клапан 1, откры-

... воздуха из атмосферы в цилиндр и из цилиндра в нагнетательный трубопровод. При прямом ходе поршня компрессора простого действия происходит всасывание воздуха в цилиндр, а при обратном ходе — сначала сжатие, а затем нагнетание в нагнетательный трубопровод. Полный цикл работы компрессора простого действия происходит за два хода поршня.



Фиг. 6. Схема трехступенчатого компрессора.

1, 4, 6 — цилиндры первой, второй и третьей ступени; 2, 5, 7 — промежуточные охладители после каждой ступени компрессора; 3 — маслоотделитель.

В компрессорах двойного действия (фиг. 5, б) цилиндр с обеих сторон закрыт крышками, снабженными всасывающими и нагнетательными клапанами. При каждом ходе поршня в одной стороне цилиндра происходит всасывание воздуха, а в другой — сжатие и нагнетание, т. е. каждый ход поршня является рабочим.

Компрессор двойного действия более производительный. Компрессоры простого и двойного действия могут быть одноцилиндровыми и многоцилиндровыми, одноступенчатыми и многоступенчатыми.

В одном цилиндре при хорошем охлаждении можно получить сжатие воздуха лишь до 6 атм при температуре, безопасной для компрессорной установки.

Для получения более высокого сжатия с меньшей затратой энергии при условии компактности компрессорной станции применяются многоступенчатые компрессоры с промежуточным охлаждением воздуха очисткой его от влаги и масла. Схема многоступенчатого компрессора с тремя ступенями сжатия приведена на фиг. 6. В таком компрессоре атмосферный воздух сжимается последовательно в каждом цилиндре, перемещаясь слева направо и очищаясь от водяных паров масел.

В конструкциях многоступенчатых компрессоров широко применяются ступенчатые (дифференциальные) поршни. При этом две и более ступени сжатия могут быть размещены в одном цилиндре.

В приводных компрессорах возвратно-поступательное движение

шатунный механизм, состоящий из шатуна и в некоторых конструкциях также из крейцкопфа (ползуна) и штока. Коленчатый вал изготавливается из высококачественной стали.

Шатун является звеном, связывающим коленчатый вал с ползунным, штоком и поршнем. Он служит для превращения вращательного движения коленчатого вала в возвратно-поступательное движение поршня. Поступательно-качательное движение шатуна происходит в плоскости, перпендикулярной к оси вала. Шатуны изготавливаются из качественных легированных и углеродистых сталей. Крейцкопф (или ползун) состоит из корпуса и башмаков и соединяет шатун со штоком поршня, обеспечивая совпадение осей штока поршня и цилиндра. Он движется прямолинейно в направляющих параллелях. Корпус ползуна отковывается из углеродистой стали, а башмаки отливаются из чугуна.

Поршневые компрессоры низкого давления до 10 атм и малой производительности, до 20 м³/мин, выпускаются главным образом бескрейцкопфными, простого действия, в вертикальном, V-образном и W-образном исполнениях.

Многоступенчатые компрессоры производительностью до 120 м³/мин обычно изготавливаются крейцкопфными, в вертикальном и V-образном исполнениях, а также угловой конструкции.

Бескрейцкопфные компрессоры изготавливаются с числом оборотов 500—1000 в минуту, а крейцкопфные чаще всего в пределах от 200 до 500. Эксплуатируются также прямодействующие компрессоры без кривошипно-шатунного механизма, со свободно движущимися поршнями, движение которых передается от поршня двигателя внутреннего сгорания.

Типичные схемы наиболее распространенных конструкций поршневых компрессоров приведены на фиг. 7.

Рассмотрим конструкции некоторых компрессоров, широко используемых на компрессорных станциях.

На фиг. 8 показаны разрезы бескрейцкопфного, вертикального, двухступенчатого компрессора марки 200В-10/8.

Марка компрессора, являющаяся его индексом, означает:

200 — ход поршня, мм;

В — назначение компрессора по роду сжимаемой среды (воздушный);

10 — производительность, м³/мин;

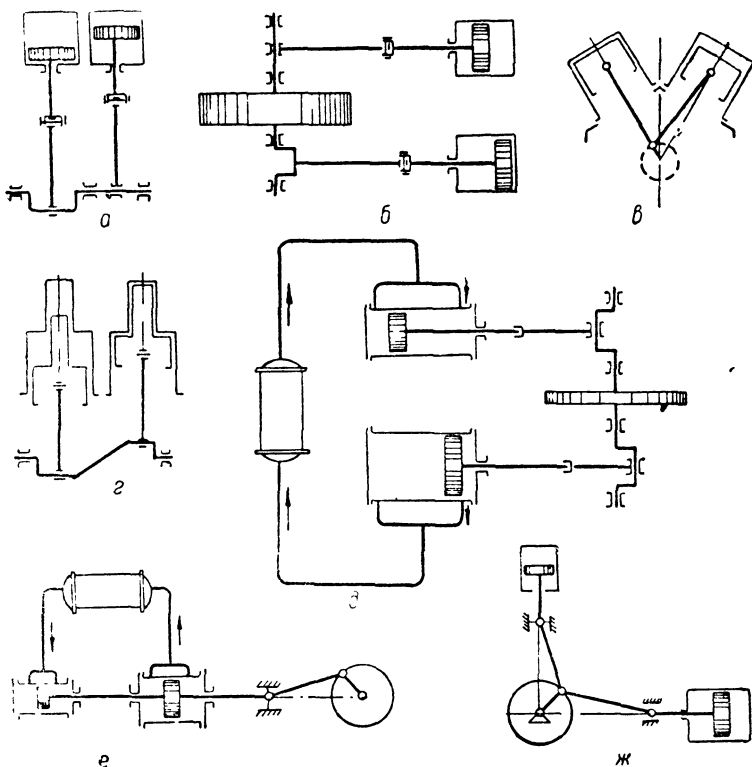
8 — давление нагнетаемого воздуха, кг/см².

Основные технические данные компрессора 200В-10/8 приведены в приложении I, однако в зависимости от мощности и числа оборотов двигателя технические данные компрессора 200В-10/8 изменяются следующим образом:

Число оборотов в минуту	730	720	580	480
Производительность, м ³ /мин	10	10	8	6,5
Мощность на валу компрессора, кв л	75	64,7	51,5	44,2

Мощность электродвигателя, квт	80	75	70	60
Расход охлаждающей воды, м ³ /час	3	3	2,5	2
Средняя скорость поршня, м/сек	4,8			
Тип электродвигателя	АМ6-117-8 или ГАМ 117-8			

С электродвигателем компрессор соединен непосредственно при помощи муфты 12 (фиг. 8.)



Фиг. 7. Типичные схемы расположения цилиндров компрессоров:

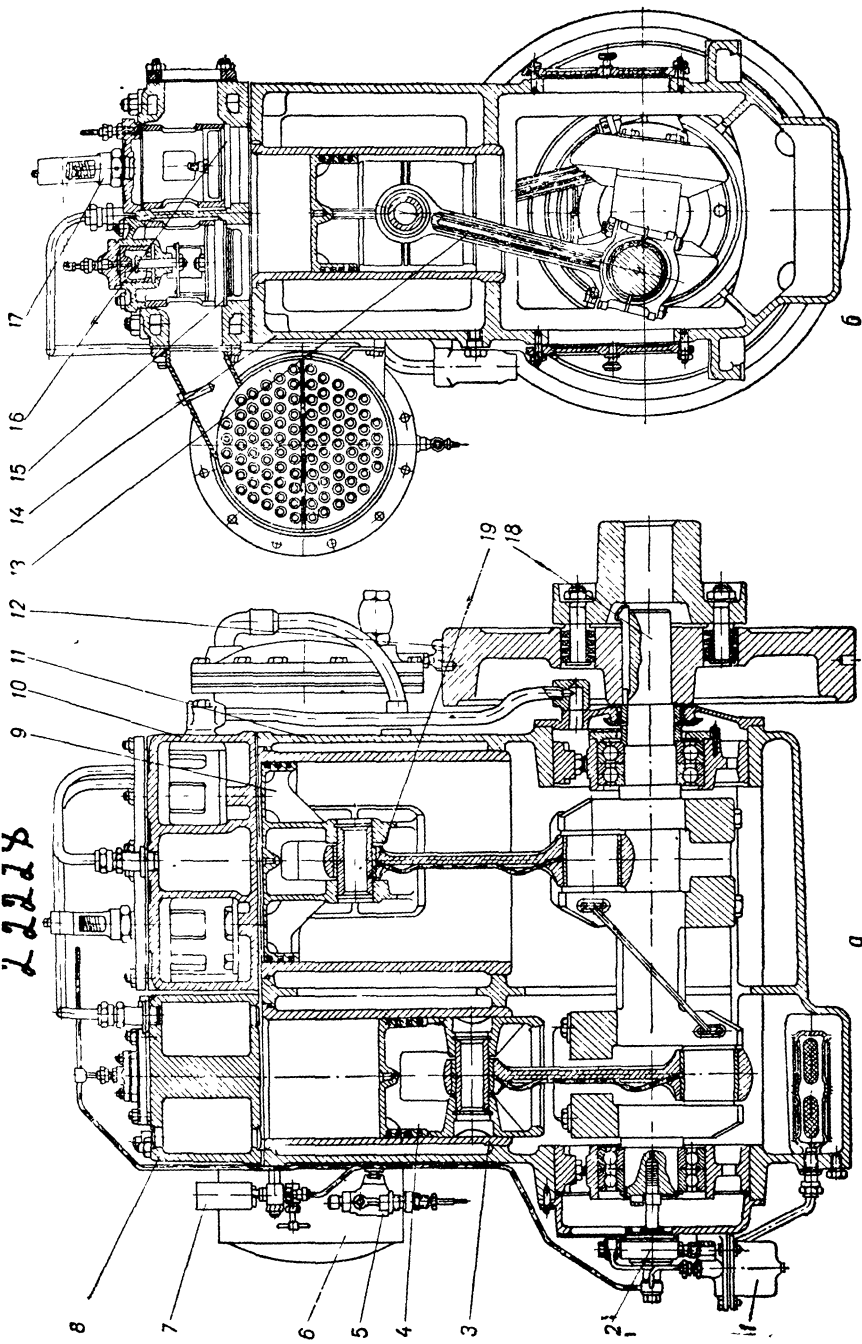
а — одноступенчатый компрессор двойного действия с вертикальным расположением цилиндров; **б** — одноступенчатый компрессор двойного действия с горизонтальным расположением цилиндров; **в** — компрессор простого действия с V-образным расположением цилиндров, **г** — компрессор с дифференциальными поршнями; **д** — двухступенчатый компрессор с параллельным расположением цилиндров (компаунд); **е** — двухступенчатый компрессор с последовательным расположением цилиндров (тандем); **ж** — одноступенчатый компрессор с цилиндрами, расположенными под прямым углом.

Базовой деталью машины является цельнолитой блок-картер 14, в котором устанавливается двухкривошипный коленчатый вал 18. Пространство между стенками блок-картера служит водяной рубашкой для охлаждения цилиндров.

Движение поршням 4 и 9 передается от коленчатого вала через шатуны 13 и плавающие поршневые пальцы 19.

На верхней плоскости блок-картера установлены клапанные

22228



Фиг. 8. Компрессор 200В 10/8.

а — продольный разрез; б — поперечный разрез
 1 — масляный бак; 2 — масляный насос с фильтром; 3 — цилиндр высокого давления; 4 — поршень второй ступени; 5 — регулятор давления; 6 — горизонтальный промежуточный охладитель; 7 — манометр; 8 — клапанная коробка цилиндра высокого давления; 9 — поршень первой ступени; 10 — клапанная коробка цилиндра низкого давления; 11 — цилиндр низкого давления; 12 — маховик, являющийся частью муфты для соединения с валом двигателя; 13 — шатун; 14 — блок-карьер; 15 — всасывающий клапан; 16 — нагнетательный клапан; 17 — предохранительный клапан; 18 — коленчатый вал; 19 — поршневой палец.

коробки 8 и 10, в каждой из которых имеется по два автоматически действующих всасывающих 15 и нагнетательных 16 клапана.

Регулирование производительности компрессора — двухступенчатое 100 и 0% от специального регулятора давления 5 через отжимные устройства всасывающих клапанов. Описания регуляторов давлений даются в литературе [3, 12, 17, 26].

Давление воздуха после первой и второй ступеней контролируется манометрами. Манометр первой ступени присоединен к промежуточному охладителю воздуха, а манометр второй ступени — к крышке нагнетательного клапана.

Вращение вала компрессора происходит по часовой стрелке, если смотреть со стороны маховика.

Сжатие воздуха производится последовательно в двух цилиндрах: в цилиндре первой ступени засасываемый из атмосферы воздух сжимается поршнем до 2 *ати* и подается в промежуточный холодильник с температурой, равной 155°С.

Из холодильника воздух с температурой 60°С поступает в цилиндр второй ступени, где сжимается до 8 *ати*, приобретая температуру 165°С.

Охлаждение сжатого воздуха после первой ступени производится водой в промежуточном охладителе (трубчатом холодильнике). Температура охлаждающей воды после холодильника должна быть не выше 35°С, при условии начальной температуры воды не выше 25°С.

Смазка шатунных подшипников и пальцев поршней производится компрессорным маслом марки Т, которое подается с помощью шестеренчатого насоса 2.

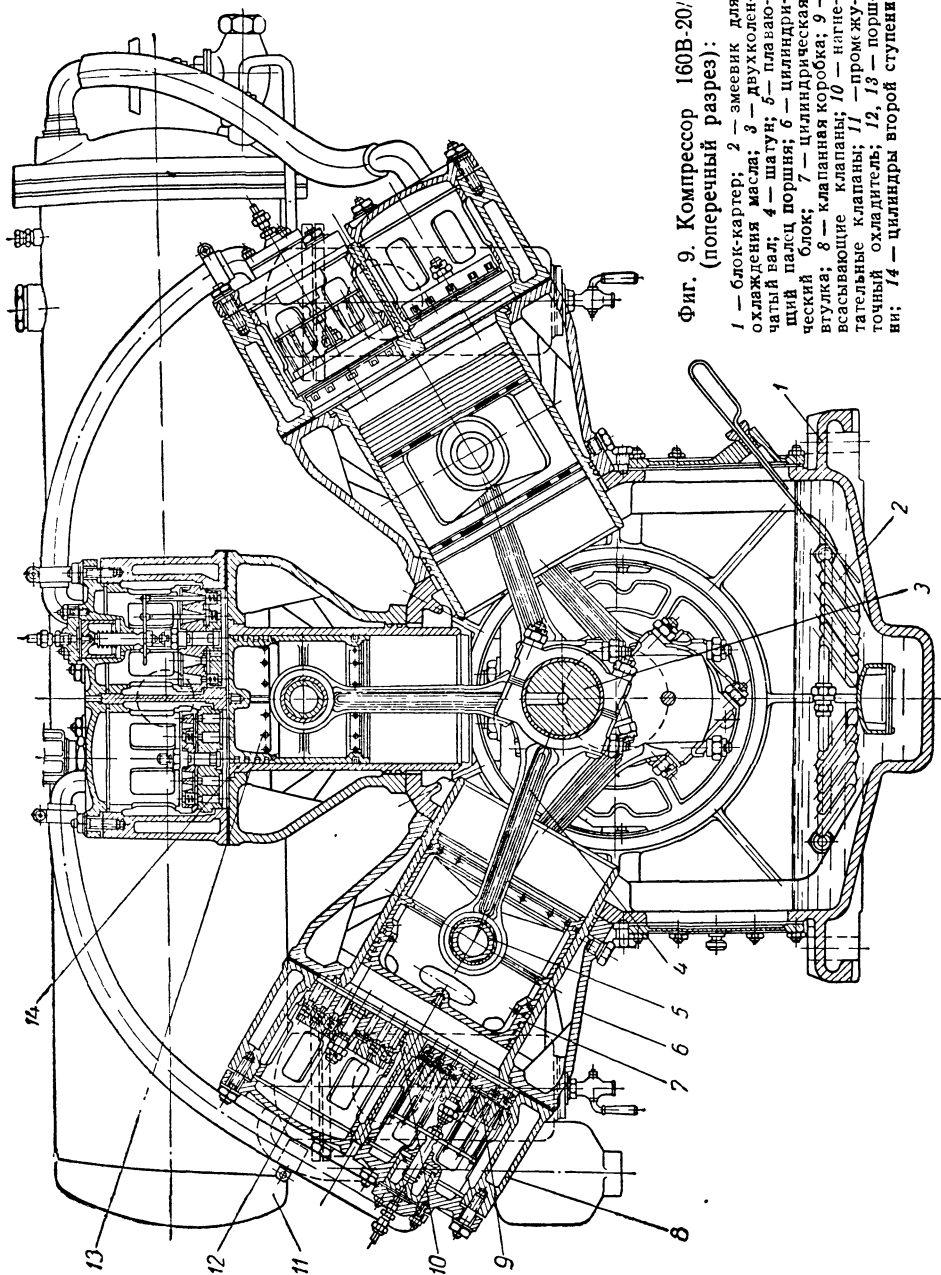
Поверхности цилиндрических втулок смазываются разбрызгиванием масла, находящегося в картере. Суммарный расход масла — до 300 г/час после 300 час. работы. Температура масла в картере может достигать 60°С.

Насосно-компрессорный завод в г. Мелитополе выпускает также воздушные компрессоры марки 160В-20/8 (фиг. 9) производительностью 20 м³/мин, давлением 8 *ати*. Компрессор представляет собой бескрейцкопфного типа W-образную двухступенчатую поршневую машину простого действия с шестью цилиндрами, по два цилиндра в каждом ряду.

Цилиндры расположены под углом 60° друг к другу.

Атмосферный воздух всасывается компрессором через коллектор и поступает одновременно в четыре цилиндра первой ступени, где сжимается до 2,5 *ати*; затем воздух подается в промежуточный охладитель 11, из которого направляется в два цилиндра второй ступени 14. В цилиндрах второй ступени воздух сжимается до конечного давления 8 *ати* и направляется в нагнетательный трубопровод.

В компрессорных станциях, имеющих высоту машинного зала не менее 6 м, можно устанавливать вертикальный двухступенчатый поршневый компрессор двойного действия марки 2СГ-8 производительностью 25 м³/мин (см. приложение I).



Фиг. 9. Компрессор 160В-20/8
(поперечный разрез):

- 1 — блок-картер; 2 — эмеевик для охлаждения масла; 3 — двухколенчатый вал; 4 — шатуны; 5 — плавающий палец поршня; 6 — цилиндрический блок; 7 — цилиндрическая втулка; 8 — клапанная коробка; 9 — всасывающие клапаны; 10 — нагнетательные клапаны; 11 — пружинный охладитель; 12, 13 — поршни; 14 — цилиндры второй ступени.

В воздушных компрессорных станциях все еще применяется компрессор марки В300-2К (фиг. 10) производительностью 40 м³/мин и давлением нагнетания 8 *ати*.

Компрессор представляет собой вертикальную двухступенчатую поршневую машину крейцкопфного типа с двумя цилиндрами двойного действия.

Атмосферный воздух, поступающий через фильтр по всасывающему трубопроводу в цилиндр первой ступени, сжимается до 2,5 *ати* и подается в промежуточный охладитель воздуха. Из охладителя воздух поступает в цилиндр второй ступени, откуда подается в нагнетательный трубопровод.

Станина и картер компрессора В300-2К выполняются разъемными. Плоскость разъема проходит вдоль оси коленчатого вала. Станина — чугунная, закрытого типа, с окнами для монтажа и цилиндрическими направляющими для крейцкопфов.

Коленчатый вал — двухкривошипный, снабжен съемными чугунными противовесами. Шатунные шейки его расположены под углом 90° друг к другу. В теле вала имеются отверстия для подачи масла к шатунным шейкам. Коленчатый вал при помощи упругой муфты соединен с приводным валом, установленным на двух выносных подшипниках скольжения. На средней утолщенной части приводного вала закреплен шкив-маховик для ременной передачи или муфта для непосредственного соединения с электродвигателем.

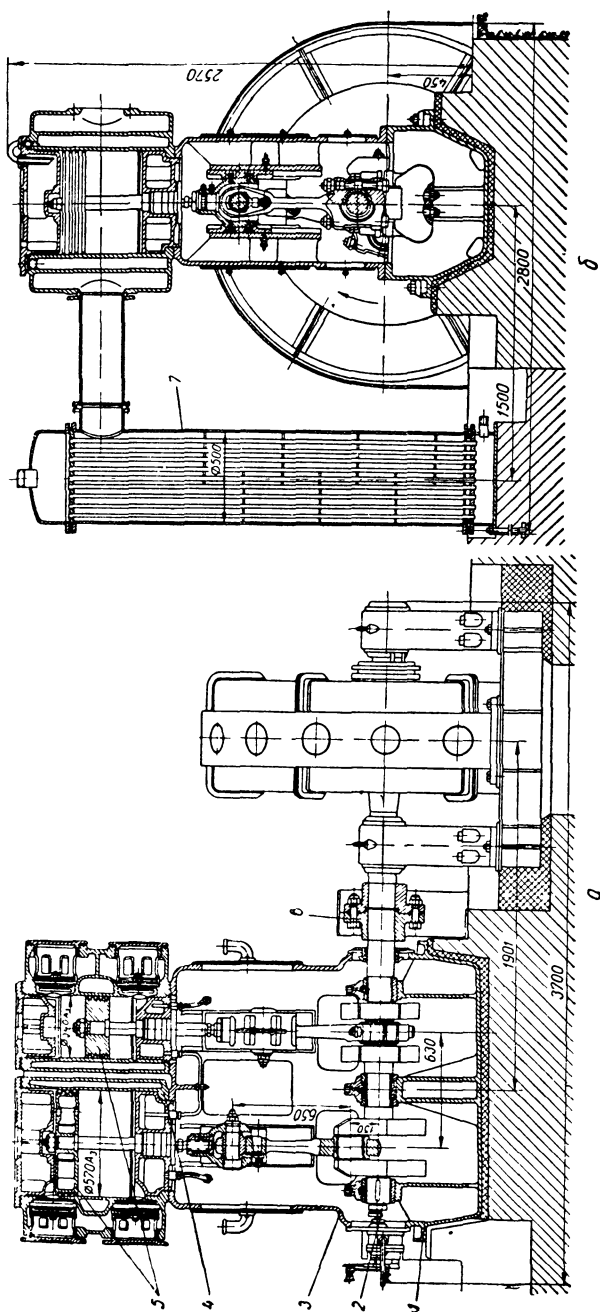
Шатуны выполнены с открытой кривошипной и закрытой крейцкопфной головками. Крейцкопфы — стальные, кованные, с отъемными чугунными башмаками. Поршни — чугунные, дисковые. Поршень первой ступени — облегченной конструкции, имеет три уплотнительных поршневых кольца; поршень второй ступени представляет собой сплошную отливку и имеет четыре уплотнительных поршневых кольца.

Цилиндры — отъемные, литые, с водяными рубашками. Клапаны расположены по наружной поверхности цилиндров в радиальном направлении. Цилиндры сверху и снизу закрыты крышками, имеющими полости для водяного охлаждения.

Всасывающие и нагнетательные клапаны самодействующие, пластинчатые, кольцевые. Воздух, сжатый в первой ступени компрессора, поступает в промежуточный охладитель, выполненный в виде вертикального кожухотрубчатого охладителя 7. Охладитель воздуха устанавливается вблизи компрессора на одном фундаменте с ним.

Охлаждение компрессора — водяное. Охлаждающая вода подается в водяные рубашки цилиндров, водяные полости верхних и нижних крышек цилиндров, трубки промежуточного охладителя и по трубам отводится к общей сливной воронке.

Смазка кривошипно-шатунного механизма осуществляется под давлением от шестеренчатого насоса, приводимого в действие от коленчатого вала компрессора. Шестеренчатый насос забирает масло через приемную трубку из нижней части картера и подает его через масляный фильтр в маслораспределительную трубку, по которой масло поступает

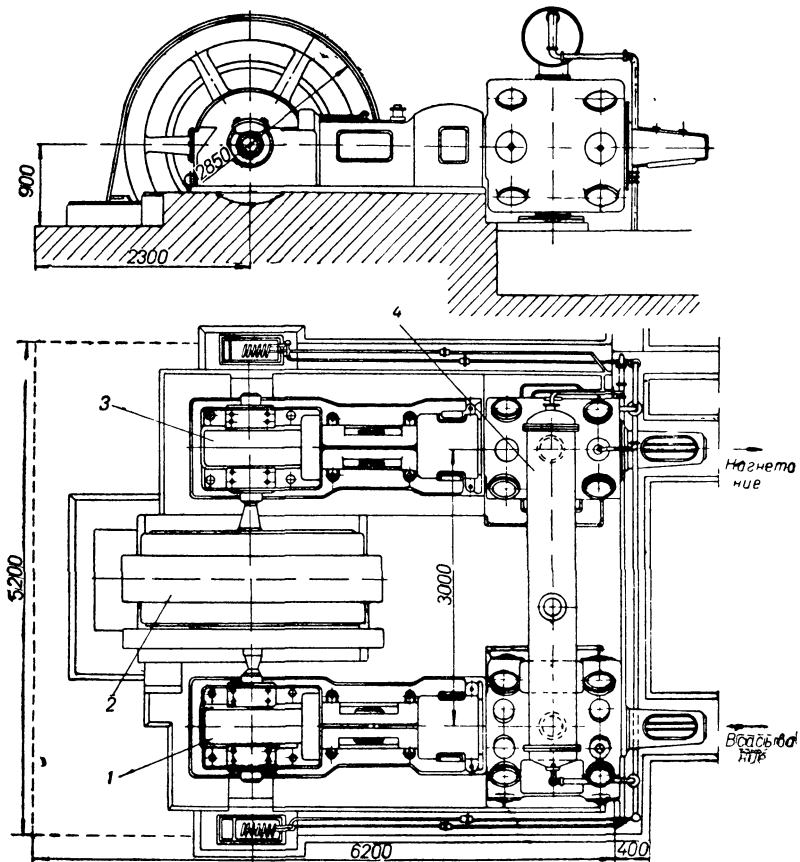


Фиг. 10 Компрессор В 300-2К:

а — продольный разрез; *б* — поперечный разрез.
 1 — картер; 2 — коленчатый вал; 3 — станина компрессора; 4 — блок цилиндров низкого и высокого давлений; 5 — поршни цилиндров низкого и высокого давлений; 6 — муфта сцепления; 7 — вертикальный промежуточный охладитель.

к коренным подшипникам и к направляющим кресткопфов. Смазка выносных подшипников приводного вала — кольцевая.

Компрессор приводится в действие от электродвигателя. Он поставляется с автоматически действующим регулятором давления, прекращающим подачу воздуха при повышении давления в сети выше нормального. Однако компрессоры В300-2К в техническом отношении

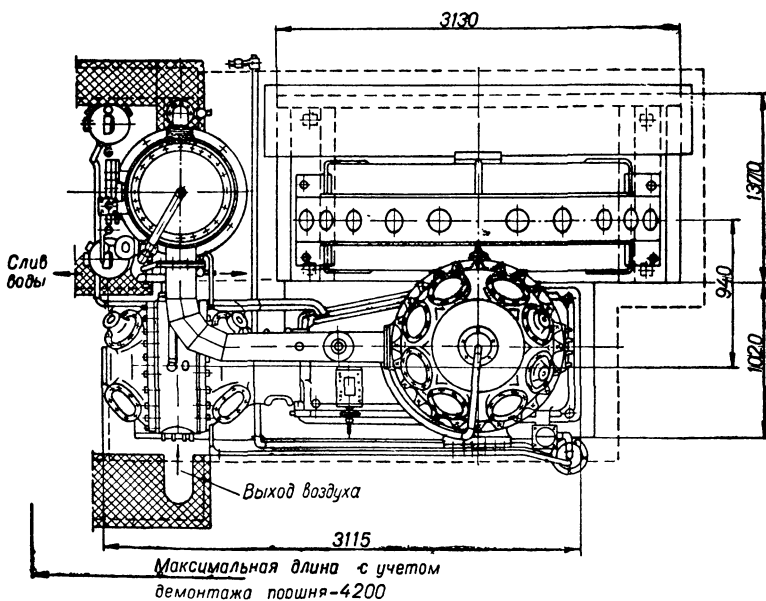
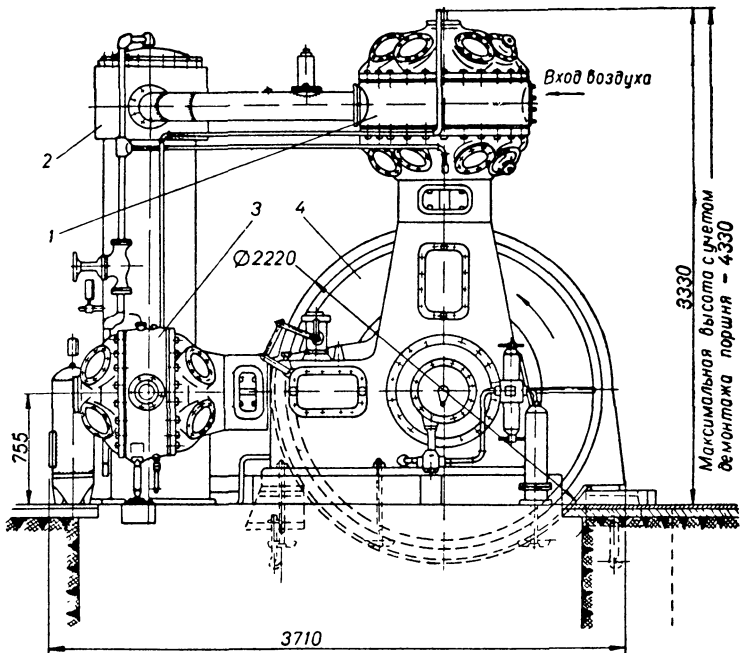


Фиг. 11. Воздушный компрессор 55В:

1 — цилиндр первой ступени; 2 — электродвигатель; 3 — цилиндр второй ступени; 4 — промежуточный охладитель воздуха.

явно неудовлетворительны, так как уже после обкатки их производительность составляет 80—85 % паспортной. Из-за недостаточного охлаждения цилиндров они работают в тяжелом температурном режиме даже при конечном давлении 6 атм, что вызывает перерасход электроэнергии на 30—40 %.

На фиг. 11 изображен воздушный компрессор 55В. Это горизонтальная двухрядная, двухступенчатая поршневая машина с двумя



Фиг. 12 Воздушный двухступенчатый угловой компрессор двойного действия ВП-50/8:

1 — первая ступень компрессора; 2 — промежуточный охладитель воздуха;
3 — вторая ступень компрессора; 4 — электродвигатель.

цилиндрами двойного действия. Производительность компрессора 100 м³/мин, конечное давление сжатия 8 *ати*.

Воздух сжимается последовательно в двух цилиндрах: в цилиндре первой ступени всасываемый атмосферный воздух сжимается до 2,2 *ати*, а в цилиндре второй ступени — до конечного давления 8 *ати*.

Компрессор приводится в движение синхронным электродвигателем.

Техническая характеристика компрессора типа 55В приводится в каталоге [6].

Московский завод «Компрессор» выпускал компрессор двухступенчатого сжатия марки 2ВГ такой же производительности. На этом же заводе разработан и испытан новый воздушный двухступенчатый угловой компрессор двойного действия марки ВП-50/8 (фиг. 12). Оси цилиндров компрессора расположены под углом, чем достигаются динамическая уравновешенность и многооборотность его. Компрессор непосредственно соединяется с электродвигателем или двигателем внутреннего сгорания.

Поршневые компрессоры обладают следующими общими недостатками:

- 1) относительно малой производительностью и малооборотностью, препятствующей в некоторых случаях осуществлению непосредственного соединения компрессора с быстроходными электродвигателями;
- 2) неравномерностью подачи воздуха в сеть, в результате чего требуется установка воздухоборника;
- 3) сравнительно большими габаритами машин и фундаментов (особенно горизонтальные компрессоры);
- 4) неуравновешенностью движущихся масс.

Общие недостатки, присущие различным видам поршневых компрессоров, являются причиной разработки и применения других типов компрессоров.

3. РОТАЦИОННЫЕ КОМПРЕССОРЫ

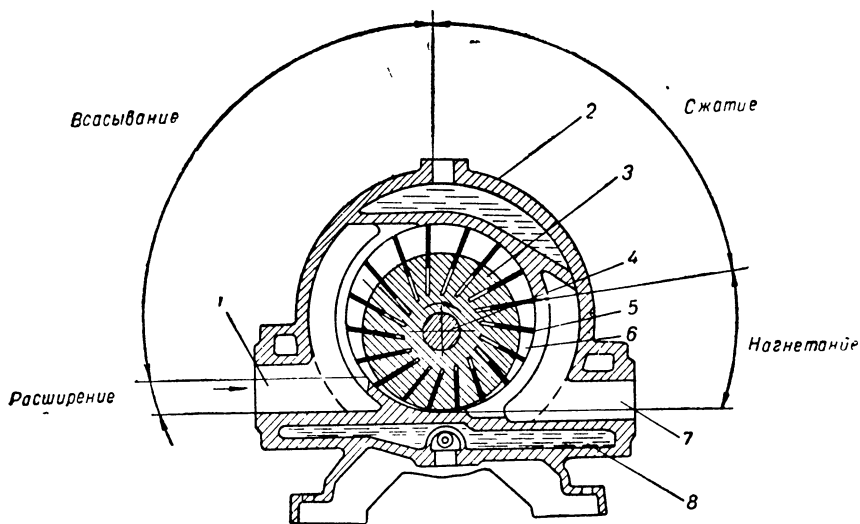
После поршневых компрессоров наиболее распространенным типом компрессора является ротационный компрессор.

Ротационный компрессор имеет ту же зависимость между подачей воздуха и давлением, что и поршневой, однако в поршневом компрессоре воздух сжимается в цилиндре поршнем, совершающим возвратно-поступательное движение с переменной скоростью, а в ротационном компрессоре воздух сжимается пластинками в камерах, которые образуются между вращающимся с постоянной скоростью ротором и цилиндрическим корпусом компрессора.

Наиболее распространенным видом ротационного типа компрессоров является пластинчатый компрессор (фиг. 13). В цилиндрическом корпусе 2 ротор 3 вращается на эксцентрично расположенной оси 4. В пазы ротора вставлены стальные пластинки 5, которые при вращении ротора скользят в пазах его и под действием центробежной силы прижимаются к стенкам цилиндра. При этом создается ряд камер 6,

в которых происходит сжатие воздуха, засосанного через патрубок 1. При дальнейшем вращении в направлении, указанном на фигуре стрелкой, воздух вытесняется через нагнетательный патрубок 7 в сеть.

В одноступенчатых ротационных компрессорах степень сжатия находится в пределах от 3 до 5, а в двухступенчатых ротационных компрессорах с промежуточным охладителем достигает 9—13.



Фиг. 13 Схема ротационного пластинчатого компрессора

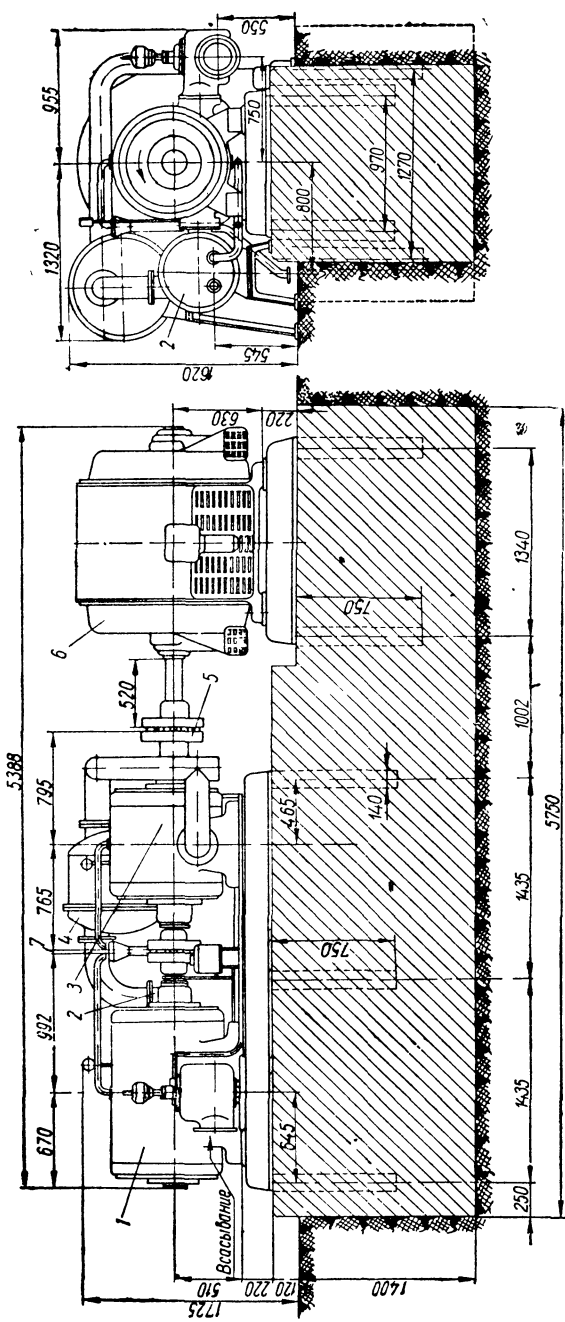
1 — всасывающий патрубок; 2 — корпус компрессора; 3 — ротор; 4 — ось ротора; 5 — стальные пластинки ротора; 6 — камера сжатия воздуха; 7 — нагнетательный патрубок; 8 — водяная рубашка.

На фиг. 14 изображен двухступенчатый ротационный компрессор марки РСК-50 × 7. Подобно поршневому компрессору, в ротационном компрессоре за один оборот ротора происходит всасывание, сжатие и нагнетание воздуха.

На заводах СССР ротационные компрессоры выпускаются производительностью 6—100 м³/мин. Конечным давлением сжатия до 4 *ати* они изготавливаются одноступенчатыми, а до 12 *ати* — двухступенчатыми.

Английская фирма «Хоуден энд компани» выпускает ротационные компрессоры универсального типа марки 200М6 производительностью 23—57 м³/мин с конечным давлением сжатия 4,2 кг/см². Компрессоры этого типа могут включаться последовательно и обеспечивать давление до 10,5 кг/см².

Число оборотов ротационного компрессора обычно равно числу оборотов двигателя, непосредственно соединенного с компрессором, что позволяет легко осуществлять регулирование производительности компрессора, выбрав электродвигатель с необходимым числом оборотов.



Фиг. 14. Двухступенчатый ротационный компрессор РСК-50 X 7:
 1 — первая ступень компрессора (одноступенчатый ротационный компрессор); 2 — промежуточный охладитель воздуха; 3 — вторая ступень компрессора; 4 — вододелитель; 5 — муфта; 6 — электродвигатель.

Теоретическая производительность ротационного пластинчатого компрессора определяется из условия непрерывности потока воздуха и размеров соответствующих частей машин по формуле

$$Q = 2ml \pi D n \text{ м}^3/\text{мин}, \quad (1)$$

где m — расстояние между центрами ротора и цилиндра (эксцентриситет), $м$;

l — длина цилиндра, $м$;

$2ml$ — площадь максимального сечения камеры, через которую проходит воздух, т. е. площадь, ограниченная образующими цилиндров и ротора и крышками цилиндра, $м^2$;

D — удвоенное расстояние между серединой пластинки и осью цилиндра, равное диаметру цилиндра, $м$;

n — число *об/мин*.

Действительная производительность ротационного компрессора определяется введением в выражение для теоретической производительности поправки, учитывающей уменьшение рабочего подъема цилиндра. Эта поправка равна величине объема, занимаемого пластинками. В формулу (1) следует вводить также коэффициент, учитывающий потери воздуха от утечек через зазоры и от подогрева воздуха во время всасывания.

Таким образом, действительная производительность ротационного компрессора подсчитывается по формуле

$$Q = 2ml \pi D n \lambda_1 \lambda_2 \text{ м}^3/\text{мин}, \quad (2)$$

где λ_1 — коэффициент сужения сечения лопатками, число которых z ,

а толщина каждой лопатки δ , $\lambda_1 = \frac{\pi D - z\delta}{\pi D}$;

λ_2 — коэффициент подачи, зависящий от утечек воздуха во время всасывания воздуха.

Для величин, входящих в формулу (2), принимают ориентировочно следующие значения: эксцентриситет $m = (0,05—0,1) D$; длина цилиндра $l = (1,5—2) D$; число пластин $z = 8—24$; толщина пластин $\delta = 1—3 \text{ мм}$.

Значение коэффициента $\lambda = \lambda_1 \lambda_2$, зависящее от величины производительности и от давления, принимают при подсчетах ориентировочно равным

$$\lambda = \lambda_1 \lambda_2 = 100 - k \frac{P_2}{P_1} \%,$$

где k — коэффициент, зависящий от производительности компрессора и численно равный 5—10, причем большие значения его соответствуют меньшим значениям производительности;

$\frac{P_2}{P_1}$ — отношение конечного давления к начальному.

Мощность на валу ротационного компрессора определяется по работе сжатия 1 $м^3$ воздуха и по значениям изотермического или адиабатического

тического к. п. д. Значения $\eta_{из}$ и $\eta_{ад}$ для ротационных пластинчатых компрессоров несколько ниже, чем для поршневых компрессоров $\eta_{из} = 0,5 - 0,55$ и $\eta_{ад} = 0,55 - 0,6$.

Мощность двигателя, приводящего в действие компрессор, определяется по формуле

$$N_{д} = \frac{L_{ад} \cdot Q}{60 \cdot 102 \eta_{ад}} \text{ кВт,}$$

где $\eta_{ад}$ — к. п. д. ротационного компрессора;

$L_{ад}$ — работа ротационного компрессора при адиабатическом процессе сжатия;

Q — производительность компрессора, $м^3/мин$.

Ротационные компрессоры успешно применяются там, где не допускаются колебания грунта, и в небольших по объему помещениях.

Ротационные компрессоры имеют следующие преимущества:

- 1) большое число оборотов;
- 2) малые габаритные размеры;
- 3) малый вес;
- 4) равномерная подача воздуха;
- 5) отсутствие клапанов.

К недостаткам ротационных компрессоров следует отнести:

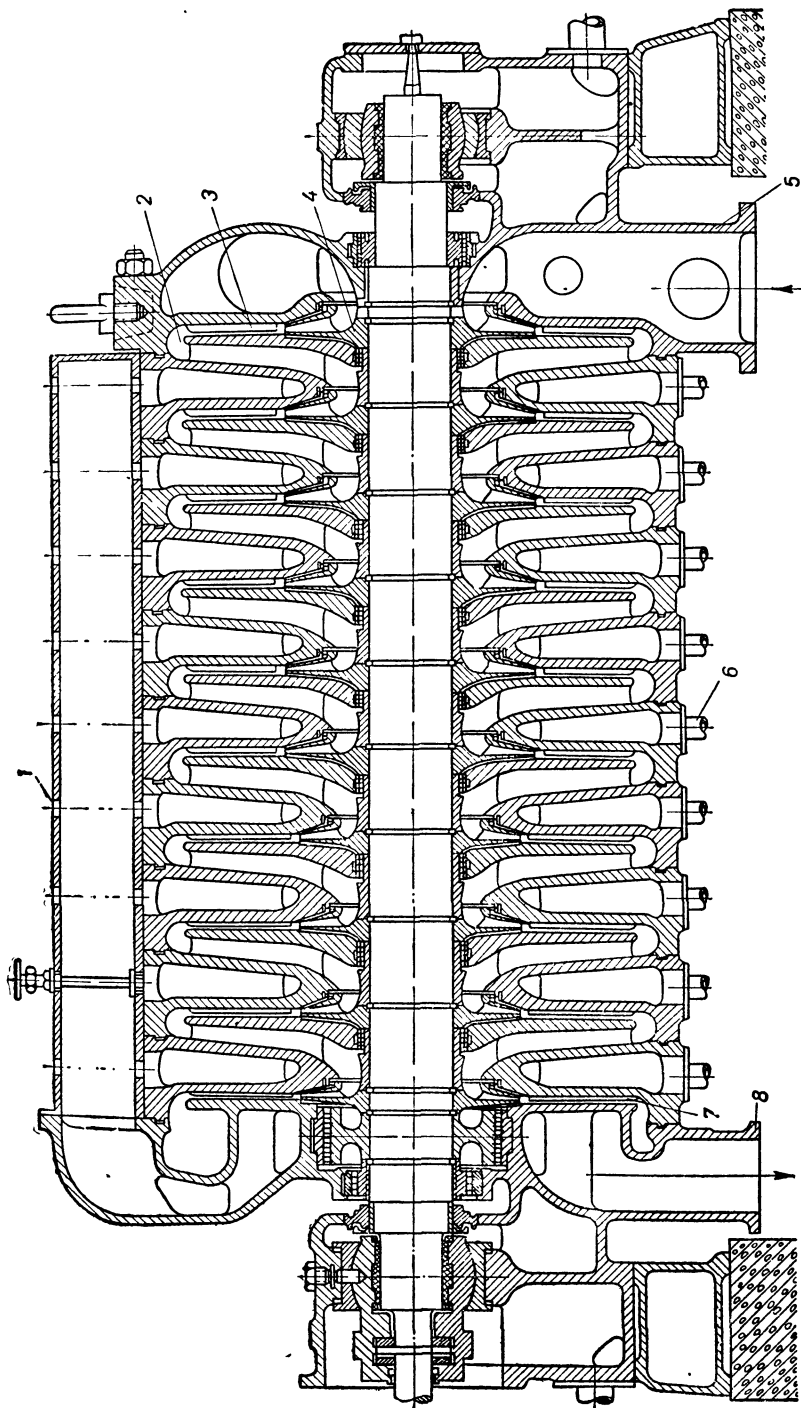
- 1) сложность изготовления, монтажа и ремонта;
- 2) ограниченное количество марок, выпускаемых типоразмеров ротационных компрессоров;
- 3) низкий к. п. д. и малый коэффициент подачи;
- 4) частое снижение производительности компрессора ввиду нагара, образующегося на лопатках ротора;
- 5) высокая конечная температура;
- 6) большой расход смазки и подача в сеть замасленного воздуха;
- 7) частые неполадки и аварии, в связи с чем — непродолжительный срок службы.

4. ТУРБОКОМПРЕССОРЫ

Турбокомпрессор представляет собой разновидность центробежной машины. Сжатие воздуха до требуемого давления осуществляется лопастными колесами, расположенными на валу внутри цилиндрического кожуха. Чем больше таких колес, последовательно насаженных на вал, тем большее давление создает турбокомпрессор при повышенной окружной скорости, которая может достигать 350 м/сек . Для получения сжатого воздуха давлением 8 атм требуется $8-10$ лопастных колес, вращающихся со скоростью $4500 - 10000 \text{ об/мин}$.

На фиг. 15 приведен продольный разрез девятиступенчатого турбокомпрессора производительностью $15000 \text{ м}^3/\text{час}$, сжимающего воздух до $7,5 \text{ кг/см}^2$.

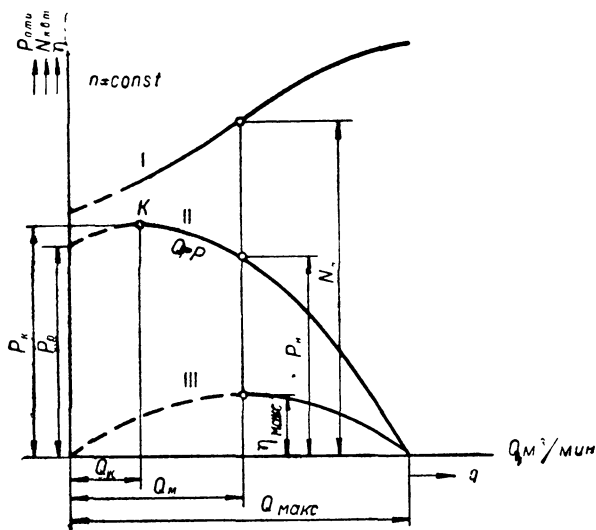
Воздух засасывается через входной патрубок 5, затем увлекается колесом 4, проходит через диффузор 3 и попадает в обратный канал 2. Пройдя последовательно ряд колес, воздух выходит через диффузор 7 в нагнетательный патрубок 8 турбокомпрессора.



Фиг. 15. Продольный разрез турбокомпрессора производительностью 15000 м³/час:

1 — место отвода охлаждающей воды; 2 — обратный канал; 3 — диффузор (направляющий аппарат); 4 — рабочее колесо; 5 — всасывающий патрубок; 6 — место подвода охлаждающей воды; 7 — диффузор последнего колеса; 8 — нагнетательный патрубок.

Приводом турбокомпрессора обычно является синхронный электродвигатель или паровая быстроходная турбина. Воздух, сжатый турбокомпрессором, не содержит масляных паров, так как в рабочей полости турбокомпрессора нет трущихся и смазываемых поверхностей. Турбокомпрессоры — малогабаритные, быстроходные и высокопроизводительные машины для сжатия воздуха; они выпускаются производительностью 4000 — 200000 м³/час и конечным давлением сжатия



Фиг. 16. Рабочая характеристика турбокомпрессора:

I — характеристика мощности; II — характеристика подачи — давление; III — характеристика к. п. д.

воздуха 7—11 атм. Изотермический к. п. д. турбокомпрессора производительностью 25000 м³/час достигает 65 %.

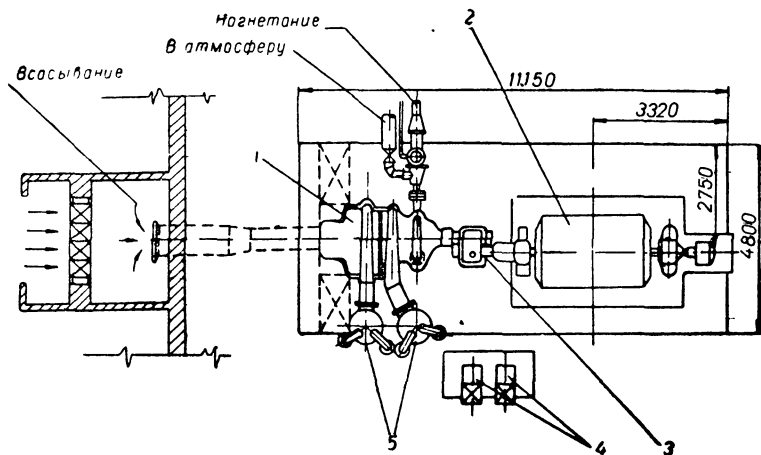
В отличие от поршневых компрессоров турбокомпрессоры обладают свойством работать при различных режимах их эксплуатации. Каждый турбокомпрессор имеет индивидуальную характеристику, зависящую от конструкции машины.

Режим работы турбокомпрессора характеризуется производительностью (подачей) Q , конечным давлением P , а также числом оборотов n , потребляемой мощностью N и коэффициентом полезного действия η .

Зависимость между перечисленными параметрами при постоянном числе оборотов изображена кривыми на фиг. 16. Характеристика «подача — давление» является нормальной характеристикой турбокомпрессора.

Точка K на кривой нормальной характеристики показывает, что при производительности турбокомпрессора Q_K достигается наибольшее давление P_K . Эти производительность и давление называются критиче-

ческими, а точка K — критической точкой. Влево от точки K турбокомпрессор работает неустойчиво, а вправо от точки K имеется некоторое равновесие, т. е. при возрастании потребления сжатого воздуха давление в сети трубопроводов снижается, и турбокомпрессор подает в сеть больший объем воздуха, а при уменьшении расхода воздуха давление в трубопроводе увеличивается, вследствие чего подача турбокомпрессора уменьшится.



Фиг. 17. План размещения турбокомпрессора К-250-61-1 в машинном зале.

1 — турбокомпрессор; 2 — электродвигатель; 3 — редуктор; 4 — масляные насосы; 5 — промежуточные охладители.

В случае продолжающегося уменьшения расхода воздуха в сети и возрастания давления в трубопроводе влево от точки K турбокомпрессор перестает поддерживать наибольшую величину давления P_k и прекращает подачу воздуха (кривая показана пунктиром). В это время воздух из сети устремляется в турбокомпрессор, вызывая резкое сотрясение трубопровода и машины.

Как только давление в напорном трубопроводе снижается до P_0 , действие турбокомпрессора восстанавливается; он начинает подавать в сеть сжатый воздух в количестве, большем, чем требуется потребителям. Давление в сети опять повышается до P_k , подача турбокомпрессора опять снижается до нулевого значения. Это явление ритмически повторяется и носит название «помпажа». При этом турбокомпрессор работает ненормально, шумно, толчками и действует обратный клапан.

Для устранения явления помпажа применяются автоматические регуляторы—антипомпажные устройства, которые поддерживают постоянное давление в сети [10].

На фиг. 17* приведен план размещения турбокомпрессора К-250-61-1 в машинном зале, сжимающего 250 м³/мин воздуха до давления 8 *ати*.

Турбокомпрессор 1 приводится в движение электродвигателем 2 мощностью 1750 *квт* через редуктор 3. Сжатый воздух охлаждается в двух промежуточных охладителях 5.

Турбокомпрессор снабжается автоматическим устройством, поддерживающим постоянное давление нагнетания при помощи струйного регулятора и серводвигателя, работающего на масле давлением 5 *ати*.

Основные технические данные турбокомпрессоров Невского завода приведены в приложении II.

Турбокомпрессор имеет следующие преимущества перед поршневым и ротационным компрессорами:

- 1) большее число оборотов;
- 2) сжимает большие объемы воздуха;
- 3) имеет меньшие габаритные размеры;
- 4) обладает меньшим весом и большей компактностью;
- 5) требует меньшего фундамента из-за малых габаритов машины и хорошо сбалансированного ротора;
- 6) не имеет клапанов;
- 7) имеет более равномерную подачу воздуха;
- 8) обладает удобством обслуживания;
- 9) надежен в эксплуатации;
- 10) обладает саморегулируемостью;
- 11) сжатый воздух не имеет масла;
- 12) температура воздуха на выходе из компрессора не превышает 80°С;
- 13) обладает малыми инерционными силами.

Недостатки турбокомпрессора в сравнении с поршневыми машинами следующие:

- 1) меньший к. п. д.;
- 2) ограниченное давление, в основном до 10 *ата*;
- 3) неустойчивость при параллельной работе;
- 4) из-за наличия промежуточных охладителей возникает необходимость в устройстве подвала в машинном зале.

Турбокомпрессоры имеют также меньшие расходы на смазку, ремонт и обслуживание.

Первоначальные затраты на устройство компрессорной станции с поршневыми компрессорами значительно выше, чем с турбокомпрессорами.

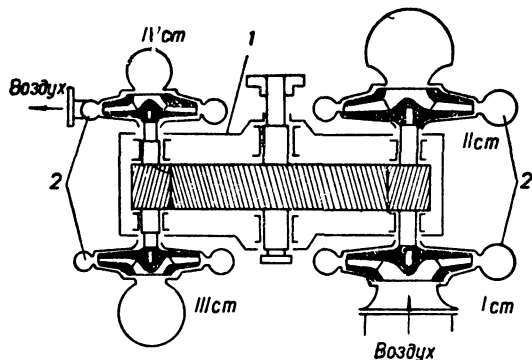
Однако необходимость в применении турбокомпрессоров возникает только на крупных промышленных предприятиях и в опытных исследовательских установках, где сжатый воздух расходуется в больших количествах для ведения производственных процессов или в качестве технологического сырья.

Заводы тяжелого машиностроения выпускают 35 типов турбокомпрессоров для нужд черной и цветной металлургии, нефтяной и угольной промышленности.

В обычных конструкциях турбокомпрессоров для получения давления сжатия порядка 8 *атм* применяется свыше четырех ступеней сжатия. При этом все рабочие колеса насажены на общий вал и вращаются с одинаковым числом оборотов, наиболее благоприятным только для первой ступени.

В четырехступенчатом компрессоре фирмы ДЕМАГ (ФРГ) применена новая схема, в которой приводные валы первой и второй ступеней сжатия имеют число оборотов, отличное от числа оборотов третьей и четвертой ступеней. Поэтому для третьей и четвертой ступеней сжатия можно также выбрать наиболее благоприятное число оборотов.

На фиг. 18 показана схема привода валов различных ступеней, посредством которой можно получить конечное давление 8 *атм* при четырех ступенях сжатия, причем каждая ступень может работать с наилучшим к. п. д. Как видно из схемы, ведущее зубчатое колесо, соединенное непосредственно с валом электродвигателя, приводит в



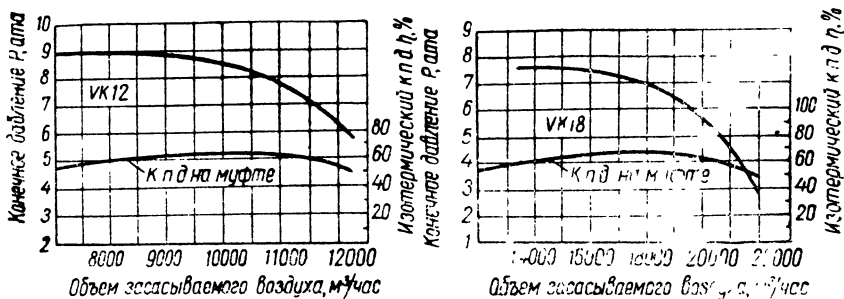
Фиг. 18. Новая схема четырехступенчатого турбокомпрессора фирмы ДЕМАГ (ФРГ):

1 — привод; 2 — спиральные камеры сжатия.

движение рабочие валы, расположенные с двух сторон и имеющие различные передаточные числа. На консольных концах валов располагаются рабочие колеса ступеней сжатия, каждое из которых работает в своей спиральной камере. Рабочие колеса располагаются так, чтобы между каждыми двумя колесами находился промежуточный охладитель воздуха. Регулирование производительности четырехступенчатых турбокомпрессоров производится автоматически путем поворота лопаток, расположенных перед первой ступенью. Защита от падения давления масла в системе осуществляется применением запасного масляного насоса, который автоматически включается при падении давления в основной масляной системе. Если при этом давление масла не повышается, то турбокомпрессор автоматически останавливается. При повышении температуры воды турбокомпрессор также автоматически выключается.

Западногерманская фирма ДЕМАГ выпускает четырехступенчатые турбокомпрессоры для сжатия воздуха до 8 *атм* двух типов: VK-12 — производительностью 6000—12000 $\text{м}^3/\text{час}$ и VK-18 — производительностью 12000—24000 $\text{м}^3/\text{час}$. Характеристики турбокомпрессоров приведены на фиг. 19.

Как видно из характеристик, четырехступенчатые турбокомпрессоры ДЕМАГ имеют достаточно высокий изотермический к. п. д., позволяет применять их при производительности свыше 8000 м³/час,



Фиг. 19. Характеристики четырехступенчатых турбокомпрессоров типа VK-12 и VK-18 фирмы ДЕМАГ (ФРГ).

а прежде для такой производительности считались более экономичными поршневые компрессоры.

5. ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ И ЗАРУБЕЖНЫЕ КОМПРЕССОРЫ

В настоящее время в Советском Союзе ведутся работы по освоению новых конструкций компрессоров общего назначения. Основное направление этих работ — снизить вес компрессоров в среднем на 25—35%, создать новые компрессоры, имеющие более высокие к. п. д., малую работу трения, высокую износоустойчивость, малый удельный вес, технологичность конструкции, малую трудоемкость изготовления, допустимость серийного производства.

При этом преследуются цели создания малогабаритных компрессоров, имеющих хорошую уравновешенность массовых сил, низкую стоимость привода компрессора, простоту сборки, монтажа, ремонта и смены запасных частей.

В основном советские воздушные компрессоры изготавливаются по ГОСТу 6791-53, определяющему производительность и конечное давление поршневых компрессоров общего назначения, ГОСТ предусматривает полный ряд их типоразмеров и основные технические характеристики, способствующие освоению новых типов компрессоров взамен выпускаемых в настоящее время моделей.

ГОСТом разрешается изготовление бескрейцкопфных компрессоров: ВВ — воздушных вертикальных, ВУ — воздушных V-образных, ВШ — воздушных, W-образных, а также крейцкопфных компрессоров: ВП — воздушных угловых и ВГ — воздушных горизонтальных.

ГОСТ предусматривает условные обозначения выпускаемых типоразмеров компрессоров, например компрессор воздушный У-образного типа производительностью 6 м³/мин и конечным давлением сжатия до 8 атм обозначают: компрессор ВУ-6/8.

По ГОСТу основные параметры осваиваемых воздушных поршневых компрессоров общего назначения должны соответствовать данным, приведенным в табл. 2.

Таблица 2

Основные параметры воздушных поршневых компрессоров

Производительность при условии всасывания, $\text{м}^3/\text{мин}$	Конечное давление сжатия, атм	Число ступеней сжатия	Мощность на валу компрессора, кВт	Вес сухой, кг
3	4	1	14,5	550
6	4	1	28,5	700
3	8	2	19	650
6	8	2	37	850
10	8	2	60	1450
20	8	2	120	3000
30	8	2	176	5500
50	8	2	290	9000
100	8	2	570	18000

По ГОСТу требуется, чтобы компрессоры в основном изготавливались с водяным охлаждением цилиндров и сжатого воздуха в промежуточных охладителях.

В компрессорах производительностью 3—6 $\text{м}^3/\text{мин}$ допускается (по соглашению между заказчиком и поставщиком) воздушное охлаждение цилиндров и сжатого воздуха в промежуточных охладителях.

Производительность компрессоров (табл. 2) принимается с допуском $\pm 5\%$. Вес и мощность их могут быть меньшими.

Конструкция крейцкопфных компрессоров должна обеспечивать возможность увеличения конечного давления сжатия воздуха на 5% против указанного.

Мощность, потребляемая на валу компрессора, определена без учета мощности привода вентилятора у компрессоров с воздушным охлаждением цилиндров и относится к следующим условиям: температура всасываемого воздуха $+20^\circ\text{C}$, давление — 760 мм рт. ст., температура охлаждающей воды $+15^\circ\text{C}$. В сухой вес компрессора включен вес промежуточных охладителей без воды. Вес приводного двигателя с полумуфтой, фундаментной плитой (общей для компрессора и двигателя), а также вес смазочного масла в общий вес компрессора не включен. Для крейцкопфных компрессоров с клиноременным приводом вес дан без учета веса маховика.

Для компрессоров производительностью 10 $\text{м}^3/\text{мин}$ в крейцкопфном исполнении допускается вес до 1800 кг, а для компрессоров производительностью 100 $\text{м}^3/\text{мин}$ в горизонтальном исполнении — до 24000 кг.

Допускается поставка компрессоров с уменьшенным числом оборотов для промежуточных значений производительности, не указанных в ГОСТе, однако это делается по согласованию между заказчиком и поставщиком.

ГОСТ 6791-53 допускает несколько схем расположения цилиндров

и не ограничивает прямо выбор числа оборотов, однако принятые в нем показатели predeterminedили выпуск нашей промышленностью компрессоров, значительно превосходящих старые модели по быстротходности, компактности и экономичности, а также применение более быстротходных, а следовательно — более легких электродвигателей.

Модели крeйцкопфных компрессоров базируются на системе с расположением цилиндров под прямым углом, так как, обладая надежностью горизонтальных компрессоров, они имеют одноколенчатый жесткий вал, устанавливаемый на двух подшипниках качения, отличающаюся хорошей уравновешенностью и допускают значительное увеличение числа оборотов.

У угловых компрессоров более тяжелая поршневая группа размещается вертикально, благодаря чему снижается износ цилиндра.

Для компрессоров производительностью 100 м³/мин предусмотрено как основное — угловое исполнение и как допускаемое — горизонтальное исполнение. Компрессоры с угловым расположением цилиндров выпускаются в настоящее время в СССР, США, ФРГ, Италии, Швеции и других странах.

Для компрессоров производительностью 10 м³/мин стандарт предусматривает как крeйцкопфное, так и бескрeйцкопфное исполнение. Такое допущение является целесообразным, поскольку имеющиеся данные по отечественному и зарубежному компрессоростроению не позволяют ответить на вопрос, какому из этих исполнений для производительности в 10 м³/мин следует отдать предпочтение.

Конструкции компрессоров меньшей производительности целесообразно делать легкими бескрeйцкопфными, а более крупные — крeйцкопфными.

Бескрeйцкопфные компрессоры, выпускающиеся промышленностью Советского Союза, отличаются от современных зарубежных конструкций малым отношением хода поршня к диаметру (0,5 — против 0,66—1). Коэффициент подачи отечественных конструкций (0,81—0,84) не уступает заграничным. Совершенствование компрессоров ведется с применением унификации и нормализации узлов и деталей при улучшении их конструкций.

Московский завод «Борец» в настоящее время выпускает новые компрессоры угловой конструкции типа «П» производительностью 10 и 30 м³/мин и в ближайшие годы будет серийно выпускать угловые компрессоры, указанные в табл. 3.

Конструкция компрессоров и применение специальных материалов обеспечивают высокую экономичность, надежность в работе и удобство в обслуживании.

Компрессор ВП 10/8 может применяться для получения сжатого воздуха давлением от 4 до 8 атм. Привод компрессора — короткозамкнутый электродвигатель типа А-91-4. Вид передачи — клиновые ремни.

Компрессор 5ВП 30/8 применяется для тех же давлений. Он имеет непосредственное соединение с синхронным электродвигателем типа СМО-275-500.

Основные технические данные новых угловых компрессоров московского завода «Борец»

Производительность по всасываемому воздуху, м ³ /мин	Конечное давление нагнетания, кг/см ²	Марка компрессора	Количество ступеней	Потребная мощность на валу компрессора, кВт	Начало серийного производства, год
6	18	2ВП 6/18	2	52	1960
6	35	2ВП 6/35	3	60	1960
10	8	2ВП 10/8	2	60	1959
12	3	2ВП 12/3	1	48	1960
15	90	5ВП 16/70	4	174	1960
20	2	2ВП 20/2	1	57	1960
20	18	5ВП 20/18	2	160	1960
20	35	5ВП 20/35	3	178	1960
30	8	5ВП 30/8	2	175	1958
40	3	5ВП 40/3	1	152	1960
60	2	5ВП 60/2	1	170	1959

Вес компрессора 5ВП 30/8 на 300 кг меньше, чем это обусловлено ГОСТом 6791-53.

Новые компрессоры имеют автоматическое двухпозиционное регулирование производительности (100 и 60%) и снабжены защитой от понижения давления масла в циркуляционной системе смазки, т. е. в случае опасного понижения давления масла компрессор останавливается и включается световая сигнализация. Это происходит и при высокой температуре сжимаемого воздуха. Повышение быстроходности компрессоров, снижение их веса и уменьшение габаритов одновременно с увеличением экономичности оказались возможными благодаря выбору угловой схемы расположения цилиндров, укладке коленчатого вала на роликовых подшипниках, применению игольчатых подшипников в крейцкопфной головке шатуна, максимальному облегчению всех движущихся частей и тщательному выполнению воздушных каналов, что обеспечило малые аэродинамические потери.

Вместо применявшихся ранее промежуточных охладителей кожухотрубчатого типа в новых машинах применены охладители с оребренными овальными латунными трубками. Эти охладители имеют небольшое сопротивление, компактны, легки и долговечны. Малые размеры охладителей позволяют встраивать их в раму компрессора.

В современных компрессорах для обеспечения нормальных условий работы применяются автоматически действующие предохранительные устройства, не позволяющие включать электродвигатель, если нет достаточного давления масла, и выключающие его в случае падения давления масла.

Перед конструкторами компрессоров стоят важные задачи, из которых ближайшей является снижение веса машины, увеличение быстроходности при сохранении требований надежности и экономичности в эксплуатации.

6. ВЫБОР КОМПРЕССОРОВ

Выбор типа, марки, количества и производительности компрессоров, устанавливаемых в машинном зале компрессорной станции, производят на основе:

- 1) средней расчетной и максимальной длительной нагрузок на компрессорную станцию;
- 2) требуемого давления сжатого воздуха у потребителей;
- 3) принятого способа подачи сжатого воздуха пневмоприемникам;
- 4) сведений о типах и марках компрессоров, выпускаемых компрессорными заводами.

Методы определения средней расчетной и максимальной длительной нагрузок на компрессорную станцию изложены в гл. IV, а сведения о компрессорах, выпускаемых заводами СССР, имеются в каталогах, прейскурантах и справочниках.

В приложениях I и II приведены основные данные о компрессорах, наиболее часто применяющихся на компрессорных станциях машиностроительных предприятий.

Выбирая компрессор по давлению, необходимо следить за тем, чтобы конечное давление воздуха, выходящего из компрессора, превышало требуемое давление воздуха у мест потребления не более чем на 3—4 *ати*, так как редуцирование воздуха с высокого давления на низкое является неэкономичным.

Например, если для получения 3 $\text{м}^3/\text{мин}$ сжатого воздуха давлением до 6 *ати* использовать компрессор марки ВК-3/6, то удельный расход электроэнергии будет равен примерно 0,155 $\text{квт}\cdot\text{ч}/\text{м}^3$; он определяется по формуле

$$\delta = \frac{N}{Q} \text{ квт}\cdot\text{ч}/\text{м}^3, \quad (3)$$

где N — потребная мощность на валу компрессора, равная 28 *квт*;
 Q — номинальная производительность компрессора ВК-3/6, равная 3 $\text{м}^3/\text{мин}$.

Подставив цифровые значения в формулу (3), получим

$$\delta = \frac{28}{60 \cdot 3} = 0,155 \text{ квт}\cdot\text{ч}/\text{м}^3.$$

Если для получения 3 $\text{м}^3/\text{мин}$ воздуха применить компрессор марки 2р-3/220, то удельный расход электроэнергии, определенный по той же формуле, будет равен 0,38 $\text{квт}\cdot\text{ч}/\text{м}^3$. Таким образом, из рассмотренного примера видно, что использование редуцированного воздуха обойдется в 2,5 раза дороже.

Не следует принимать поршневой компрессор, сжимающий воздух до давления, значительно превосходящего требуемое, так как у поршневого компрессора давление регулируется автоматически соответственно давлению в сети, в результате чего будет непроизводительно расходоваться электроэнергия.

При конечном давлении сжатия до 6 *ати* применяются одноступен-

чатые компрессоры, а при большем давлении — многоступенчатые. Например, при конечном давлении сжатия до 20 *атм* применяются двухступенчатые, а при давлении сжатия 220 *атм* — пятиступенчатые.

Для экономии электроэнергии и удобств эксплуатации компрессорных установок в компрессорной станции, работающей на один трубопровод пневмосети, рекомендуется устанавливать компрессоры, имеющие одинаковые конечные давления нагнетаемого воздуха.

При необходимости эксплуатации пневмоприемников, требующих различные давления сжатого воздуха, вопрос выбора компрессоров по конечному давлению сжатия решается в каждом отдельном случае в зависимости от количества расходуемого воздуха того или иного давления, стоимости отдельной прокладки воздухопроводов, а также других обстоятельств.

Способ подачи сжатого воздуха пневмоприемникам влияет на выбор компрессора следующим образом: если пневмоприемники подключены к пневмосети, питающейся от компрессорной станции, то компрессоры должны иметь такую производительность, которая покрывала бы максимальную длительную нагрузку на компрессорную станцию; если пневмоприемники питаются от баллонов или воздухохранилищ, имеющих достаточную емкость, то производительность компрессоров должна соответствовать средней расчетной нагрузке на компрессорную станцию.

При выборе компрессора следует руководствоваться следующими соображениями.

1. Общее количество компрессоров, устанавливаемых в машинном зале компрессорной станции, должно быть небольшое; лучше всего 4. Более 8 компрессоров не рекомендуется устанавливать в одном машинном зале, так как сильно удлиняется здание компрессорной станции и очень неудобно обслуживать агрегаты.

2. Производительность каждого в отдельности компрессора не должна быть больше производительности резервного компрессора и должна лежать в пределах допускаемых границ регулирования. О видах резерва производительности компрессорной станции, его норме для различных типов предприятий и о методе определения резерва производительности изложено в гл. IV.

3. Производительность выбранного компрессора должна быть такой, чтобы он работал во всех сменах с высоким к. п. д.

4. Давление воздуха на входе в компрессор, в его всасывающем патрубке, а также создаваемое компрессором перед выходом воздуха из нагнетательного патрубка должно соответствовать паспортным данным выбранного компрессора и обеспечивать требуемое давление воздуха у потребителей.

5. Установленная мощность привода компрессора должна быть небольшой с целью экономии электроэнергии.

6. Габариты компрессора с учетом вида передачи движения от двигателя к компрессору и его веса должны быть минимальными.

7. Принятый к установке компрессор должен быть недорогим, но надежным в эксплуатации.

8. Для выработки сжатого воздуха должен применяться только воздушный компрессор.

Выбирая тип компрессора, следует учитывать, что при больших потреблении сжатого воздуха низкого давления (более $400 \text{ м}^3/\text{мин}$) рациональнее применять компрессоры центробежного типа. При высоких конечных давлениях сжатого воздуха следует применять только поршневые компрессоры. Выбирая тип компрессора, следует уделять большое внимание расположению цилиндров у поршневых компрессоров, габаритам компрессора, виду передачи, весу компрессора и наиболее тяжелой его части. Габариты и расположение цилиндров у поршневого компрессора влияют на площадь и высоту машинного зала компрессорной станции, а также на строительный объем всего здания. Вес наиболее тяжелой части компрессора и его привода влияет на выбор грузоподъемных устройств, высоту машинного зала, строительный объем и стоимость эксплуатации здания. Большой вес компрессора требует создания больших фундаментов и проведения мероприятий для динамического уравнивания компрессора.

Выбирая тип, типоразмер или конструктивное исполнение компрессора, следует учитывать относительные преимущества той или иной его конструкции. Например, вертикальные поршневые компрессоры имеют следующие преимущества перед горизонтальными: большую быстроходность и многооборотность; больший механический к. п. д.; меньшие потери от неплотностей поршня; более легкий фундамент при хорошей устойчивости; меньшие вес и габаритные размеры в плане; более компактный и более дешевый привод компрессора; удобство монтажных работ; меньший износ цилиндров. Однако вертикальные компрессоры относительно недолговечны вследствие многооборотности и требуют значительную высоту помещения для их установки. По сравнению с вертикальными поршневыми компрессорами горизонтальные компрессоры имеют следующие преимущества: более удобно вести наблюдение за их работой в процессе эксплуатации; требуют меньшую высоту помещения; арматура и трубопроводы могут размещаться под полом помещения, в каналах и трапезях. К недостаткам горизонтальных компрессоров следует отнести малооборотность, большие габаритные размеры в плане и значительный вес фундаментов.

Горизонтальные компрессоры зарекомендовали себя в условиях длительной эксплуатации как весьма надежные и удобные в обслуживании машины. Учитывая значительные преимущества вертикальных компрессоров, целесообразно применять вертикальные одноступенчатые и двухступенчатые компрессоры, особенно при средних и больших расходах воздуха.

Мощные горизонтальные компрессоры с большим числом ступеней желательно применять в условиях, где требуется максимальная надежность при наиболее тяжелых условиях работы (например, при кесонных работах, в горной, металлургической, машиностроительной и хл

мической промышленности) или там, где необходима непрерывная подача сжатого воздуха, так как вынужденная остановка компрессора может привести к аварии или к снижению выпуска продукции.

Приведенные выше преимущества и недостатки разных типов поршневых компрессоров, а также удобство эксплуатации и ремонта однотипных машин показывают, что не следует в одном машинном зале устанавливать компрессоры, разные по конструктивному исполнению (вертикальные и горизонтальные). Во всех случаях наиболее удобным в эксплуатации является применение в компрессорной станции однотипных компрессоров. Желательно, чтобы они были одинаковыми по производительности и давлению всасывания и нагнетания воздуха, так как при применении одинаковых компрессоров упрощается схема коммуникаций, улучшаются условия эксплуатации, монтажа и ремонта оборудования, а также создаются условия для применения средств автоматики.

На выбор типа компрессора влияют также тяжелые для компрессора условия эксплуатации: запыленность территории, окружающей компрессорную станцию, высокая температура и низкое барометрическое давление всасываемого воздуха, о чем подробнее изложено в последующих главах книги.

При выборе типа компрессора необходимо учитывать достоинства и недостатки того **или иного типа**, отдавая предпочтение тому типу компрессора, стоимость эксплуатационных затрат которого на 1 м³ вырабатываемого воздуха будет минимальной. Если при выборе компрессора исходить из расхода электроэнергии, необходимой для привода компрессора, то во всех случаях следует применять компрессоры, электродвигатели которых экономичнее в эксплуатации.

Выбирая тип и количество компрессоров для размещения их в новом или реконструируемом здании, в некоторых случаях следует произвести технико-экономические обоснования и сравнить величины капитальных затрат и сроки окупаемости, после чего остановиться на том или ином типе компрессора. Об этом подробно изложено в гл. XV.

7. ПРИВОД КОМПРЕССОРА

Компрессоры, применяющиеся в воздушных компрессорных станциях, приводятся в действие различными двигателями: электродвигателем, двигателем внутреннего сгорания, паровой машиной или паровой турбиной.

Выбор типа двигателя для привода стационарного компрессора в основном определяется энергетическим балансом предприятия, на котором устанавливается компрессор.

Передача вращательного движения валу компрессора от двигателя, служащего приводом компрессора, осуществляется путем непосредственного соединения привода с компрессором с помощью муфты, через редуктор или с помощью ременной передачи. Из перечисленных видов передач наибольшими преимуществами обладает непосредственное соединение компрессора с его приводом. Двигатели внутреннего сгорания в стационарных компрессорных установках применяются

редко: в качестве резервных или в тех местностях, где отсутствует электроэнергия. Двигатели внутреннего сгорания компактны, отличаются высоким к. п. д., относительно быстро включаются в работу и быстро останавливаются, не нуждаются в большом обслуживающем персонале и позволяют изменять число оборотов вала в широких пределах. При периодической работе компрессора с частыми включениями и выключениями применение их более рационально, чем применение паровых машин. Но ввиду того, что двигатели внутреннего сгорания могут работать только на высокоценном жидком топливе и требуют устройства склада жидкого топлива и масел, а также дополнительного вспомогательного оборудования, применение их на стационарных воздушных компрессорных станциях весьма ограничено.

Паровые машины также нерационально применять в качестве привода компрессоров, так как они обладают очень низким к. п. д., имеют малое число оборотов (120—240 *об/мин*), неудобны в эксплуатации и занимают большую площадь. Относительным преимуществом паровой поршневой машины является возможность в широких пределах регулировать число оборотов двигателя, а следовательно — и производительность компрессора. Этим достоинством обладают и паровые турбины, которые тоже широко применяются в качестве привода компрессора. Паровая турбина может работать на паре низкого давления, отработанном в других машинах.

Паровые турбины применяются в компрессорных станциях больше, чем паровые машины. Паротурбинный привод целесообразно применять при наличии на заводе собственной ТЭЦ. Выбор типа турбин и рабочих параметров пара определяется тепловой схемой завода.

Наибольшее распространение в качестве привода компрессора получили электродвигатели переменного тока. Электрический привод по сравнению с паровым дает экономию, которая достигает 15—25%.

Однако сопоставление парового и электрического приводов компрессора исходя из расхода пара и электроэнергии, а также преимуществ и недостатков того или иного вида привода показывает, что даже при полном использовании тепла отработанного пара электрический привод является более эффективным, чем паровой. В отдельных случаях для обеспечения резерва следует иметь наряду с электроприводом — паровой привод компрессора или привод от двигателя внутреннего сгорания. Выбирая вид двигателя для привода компрессора, нужно подходить к решению вопроса с экономической точки зрения, сравнивая преимущества и недостатки того или иного двигателя. При проектировании новой компрессорной станции или реконструкции действующей выбор привода компрессора не является сложным, так как чаще всего компрессоры поставляются заводами-изготовителями вместе с электроприводами. Некоторые сведения об электроприводах компрессоров приведены в гл. VI.

8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ПРИВОДА КОМПРЕССОРА

Мощность двигателя, приводящего в действие компрессор, отличается от мощности, необходимой для сжатия воздуха, т. е. от потреб-

ной мощности на валу компрессора при его номинальной производительности.

Мощность на валу компрессора равна:

$$N_e = N_i + \Delta N_{тр},$$

где N_i — индикаторная мощность одноступенчатого одноцилиндрового компрессора двойного действия;

$\Delta N_{тр}$ — мощность, необходимая для преодоления сил трения.

Индикаторной мощностью одноступенчатого одноцилиндрового компрессора называют мощность, развиваемую рабочим телом в цилиндре машины, т. е. мощность, которую затрачивает компрессор на сжатие воздуха в одном цилиндре.

Индикаторная мощность цилиндра компрессора двойного действия равна сумме индикаторных мощностей передней и задней полостей цилиндра.

Индикаторная мощность многоцилиндрового компрессора равна сумме индикаторных мощностей отдельных цилиндров.

Индикаторную мощность компрессора можно определить по формуле (4) или экспериментальным путем с помощью индикаторной диаграммы [12].

Ввиду того, что при адиабатическом сжатии расхождения между действительной и теоретической мощностями компрессора в наименьшей мере зависят от величины степени сжатия [12], желательно производить расчет мощности компрессора исходя из теоретической мощности его при адиабатическом сжатии.

Индикаторная мощность компрессора равна

$$N_i = \frac{N_{m(ad)}}{\eta_{i(ad)}} \text{ кВт},$$

где $\eta_{i(ad)} = 0,9 - 0,94$ — индикаторный к. п. д. компрессора при адиабатическом процессе;

$N_{m(ad)}$ — теоретическая мощность компрессора при адиабатическом процессе сжатия, определяемая по формуле

$$N_{m(ad)} = \frac{L_{к ад 1 м^3} Q_k}{60 \cdot 102} \text{ кВт},$$

где Q_k — производительность компрессора, отнесенная к условиям всасывания, $м^3/мин$;

$L_{к ад 1 м^3}$ — полная теоретическая работа компрессора, отнесенная к $1 м^3$ засасываемого воздуха, при адиабатическом процессе сжатия, определяемая по формуле

$$L_{к ад 1 м^3} = 3500zP_1 \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{0,286}{z}} - 1 \right] \text{ кгМ/м}^3,$$

где z — число ступеней сжатия;

P_1 — абсолютное давление воздуха в начале сжатия, $кг/см^2$;

P_2 — абсолютное давление воздуха в конце сжатия, $кг/см^2$.

Мощность на валу компрессора, работающего с ременной или редукторной передачей или соединенного непосредственно с электродвигателем, равна $\frac{N_i}{\eta_m}$:

$$N_e = \frac{N_i}{\eta_m} \text{ квт},$$

где $\eta_m = 0,85 - 0,95$ — механический к. п. д. компрессора, учитывающий механические сопротивления от поршня до вала компрессора включительно.

Индикаторную мощность по индикаторной диаграмме определяют с применением формулы

$$N_i = P_i \frac{FSn}{60 \cdot 102} \text{ квт}$$

или

$$N_i = P_i \frac{FSn}{450} \text{ л. с.},$$

где P_i — среднее индикаторное давление, определяемое по формуле

$$P_i = \frac{Q}{lm} \text{ кг/см}^2,$$

где Q — площадь индикаторной диаграммы, определяемая планиметром, мм^2 ;

l — длина индикаторной диаграммы, мм ;

m — масштаб пружин индикатора, т. е. масштаб ординат индикаторной диаграммы, мм/кг/см^2 ;

F — полезная площадь поршня для данной полости, см^2 ;

S — ход поршня, м ;

n — число оборотов вала компрессора в минуту.

Для компрессора двойного действия индикаторная мощность равна

$$N_i = P (2F - f) \frac{Sn}{60 \cdot 102} \text{ квт},$$

где f — площадь поршневого штока, см^2 .

Действительная индикаторная мощность многоступенчатого многоцилиндрового компрессора определяется по формуле

$$N_i = \sum_1^z (P_{i \text{ пер}} F_{\text{пер}} + P_{i \text{ задн}} F_{\text{задн}}) \frac{Sn}{60 \cdot 102} \text{ квт},$$

где $P_{i \text{ пер}}$ и $P_{i \text{ задн}}$ — среднеиндикаторные давления передней и задней полостей цилиндра, кг/см^2 ;

$F_{\text{пер}}$ и $F_{\text{задн}}$ — площади поршней передней и задней полостей, см^2 ;

z — число цилиндров.

Чем меньше среднее индикаторное давление P_i , т. е. площадь индикаторной диаграммы, тем меньше величина мощности, затрачиваемой на сжатие воздуха. Так как наименьшую площадь индикаторная диаграмма будет иметь в случае изотермического процесса сжатия.

то величина затрачиваемой мощности тоже будет наименьшей при изотермическом сжатии.

Изотермическая мощность (мощность идеального компрессора) определяется по формуле

$$N_{из} = \frac{Q_{min} L_{к. из} 1 м^3}{60 \cdot 102} \text{ кВт},$$

где Q_{min} — производительность компрессора, отнесенная к условиям всасывания, $м^3/мин$;

$L_{к. из} 1 м^3$ — полная теоретическая работа компрессора, отнесенная к $1 м^3$ засасываемого воздуха при изотермическом процессе сжатия, определяемая по формуле

$$L_{к. из} 1 м^3 = 2,303 P_{вс} \lg \frac{P_{сж}}{P_{вс}} \text{ кгМ/м}^3,$$

где $P_{вс}$ и $P_{сж}$ — соответствующие давления всасывания и нагнетания, $кгМ/м^2$.

Отношение изотермической мощности $N_{из}$ к индикаторной мощности N_i называют индикаторным изотермическим к. п. д., который служит оценкой экономичности работы компрессора:

$$\eta_{из}^i = \frac{N_{из}}{N_i} = 0,75 — 0,85.$$

Чем больше $\eta_{из}^i$ приближается к единице, тем экономичнее работает компрессор.

Изотермический и адиабатический к. п. д. характеризуют тепловое совершенство компрессора и не учитывают потерь в механизмах, передающих движение. Эти потери учитываются механическим к. п. д., определяемым по формуле

$$\eta_m = \frac{N_i}{N_e},$$

где N_i — индикаторная мощность;

N_e — мощность на валу компрессора.

Для определения к. п. д. компрессорной установки пользуются формулами

$$\eta_{из}^{кУ} = \eta_{из}^i \eta_m \eta_{дв} \eta_n,$$

$$\eta_{из}^{кУ} = \eta_{ад}^i \eta_m \eta_{дв} \eta_n,$$

где $\eta_{из}^{кУ}$ — изотермический к. п. д. компрессорной установки;

$\eta_{ад}^{кУ}$ — адиабатический к. п. д. компрессорной установки;

$\eta_{из}^i$ — индикаторный изотермический к. п. д.;

$\eta_{ад}^i$ — индикаторный адиабатический к. п. д.;

η_m — механический к. п. д. компрессора;

$\eta_{дв}$ — к. п. д. двигателя;

η_n — к. п. д. передачи.

В случае привода компрессора от электродвигателя мощность компрессора на зажимах электродвигателя равна

$$N_p = N_m + N_{\partial\partial}, \quad N_m = N_g + \Delta N_n,$$

где N_m — мощность на муфте или на шкиве двигателя;

N_g — мощность на валу компрессора;

ΔN_n — потери в трансмиссии;

$N_{\partial\partial}$ — электрические и механические потери электродвигателя.

В случае, если вал электродвигателя одновременно является и валом компрессора,

$$N_p = N_i + \Delta N' + \Delta N'',$$

где $\Delta N'$ — мощность, соответствующая механическим потерям в агрегате;

$\Delta N''$ — мощность, соответствующая электрическим потерям двигателя.

Величина $\Delta N''$ для разных нагрузок определяется из характеристики или из данных испытания электродвигателя. N_g определяется непосредственным измерением; N_i — посредством индикатора.

Величина $\Delta N'$ представляет собой механические потери как в самом компрессоре, так и в электродвигателе и находится как остаточный член уравнения.

Если для разных нагрузок даны к. п. д. электродвигателя:

$$\eta_{\partial\partial} = \frac{N_p - \Delta N_{\partial\partial}}{N_p},$$

то потери мощности компрессора могут быть определены из уравнения

$$\Delta N_k = N_g \eta_{\partial\partial} - N_i.$$

Практически потери мощности ΔN_k и $\Delta N'$ учитываются соответственно механическим к. п. д. компрессора η_m или всей компрессорной установки.

Для компрессоров, работающих с передачей или соединенных непосредственно с электродвигателем, $\eta_m = 0,79—0,88$; для паровых компрессоров прямого действия (с общим штоком для паровой машины и компрессора) $\eta_m = 0,85—0,95$. В обоих случаях значения η_m даны для полной нагрузки компрессора.

Для определения мощности привода компрессора пользуются формулой

$$N_{\partial\partial} = k N_g \frac{1}{\eta_n} \text{ кет},$$

где k — коэффициент запаса мощности, учитывающий возможные случайные перегрузки; обычно $k = 1,15—1,2$;

η_n — к. п. д. ременной или зубчатой передачи от двигателя к валу компрессора. Для ременной передачи $\eta_n = 0,95$.

При непосредственном соединении вала электродвигателя с валом компрессора мощность на валу электродвигателя равна мощности на валу компрессора, так как потери в трансмиссии отсутствуют, т. е.

$$N_{эд} = kN_c \text{ квт.}$$

Электродвигатели не допускают длительной перегрузки, поэтому они должны иметь запас мощности. Для крупных электродвигателей запас мощности (от нормальной) берется в размере 5—10%, для двигателей средней мощности 20—50%, малой мощности — 100%.

Мощность электропривода, подводимую к компрессору, обычно определяют по формуле

$$N_{дв} = \varphi Q_k \text{ квт,}$$

где φ — удельный расход электроэнергии на 1 м³ воздуха, всасываемого компрессором, квт-ч/м³; для компрессоров большой мощности $\varphi = 5$; средней — $\varphi = 5$ и малой — $\varphi = 7$;

Q_k — производительность компрессора, м³/час.

Электрический двигатель должен соответствовать компрессору как по потребляемой мощности, так и по предполагаемому режиму работы. Выбор мощности электрического двигателя значительно усложняется тем, что для поршневого компрессора выбор мощности двигателя связан с выбором маховика. Точное определение мощности двигателя для привода поршневого компрессора оказывается довольно сложным, поскольку приходится принимать во внимание как характеристику компрессора (индикаторную диаграмму), так и характеристику двигателя (зависимость момента от скорости).

При эксплуатации электродвигателя, работающего в условиях неполной нагрузки, т. е. в том случае, когда двигатель установлен с большим запасом мощности, имеют место следующие основные недостатки:

а) двигатель работает не на полную мощность и имеет меньший к. п. д.; следовательно, на единицу выработанной продукции потребляется относительно большее количество энергии;

б) двигатель работает с низким коэффициентом мощности ($\cos \varphi$), что является источником значительных потерь в проводах и вызывает дополнительные расходы;

в) применение недогруженных двигателей связано также и с низким коэффициентом использования двигателя, что отражается на себестоимости продукции.

Двигатель, работающий при полной нагрузке, находится в более благоприятных условиях.

Более подробные сведения об электрическом приводе компрессора приведены в гл. VI.

При работе компрессора от теплового двигателя (двигателя внут-

ренного сгорания или паровой машины) в качестве общих к. п. д. беругся величины

$$\eta_{из. общ}^i = \frac{N_{из}}{N_{i. дв}} ;$$

$$\eta_{ад. общ}^i = \frac{N_{ад}}{N_{i. дв}} ,$$

где $N_{i. дв}$ — индикаторная мощность теплового двигателя.

В качестве изотермического и адиабатного к. п. д. установки берутся величины:

$$\eta_{из}^{ку} = \eta_{из}^i \eta_m \eta_n \eta_{аэ} ;$$

$$\eta_{ад}^{ку} = \eta_{ад}^i \eta_m \eta_n \eta_{аэ} ,$$

где $\eta_{аэ}$ — абсолютный эффективный к. п. д. теплового двигателя;
 η_n — к. п. д. ременной или зубчатой передачи от двигателя к компрессору;
 η_m — механический к. п. д. компрессора, учитывающий механические сопротивления от поршня до вала компрессора включительно.

Глава II

ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ

1. НАЗНАЧЕНИЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Вспомогательное оборудование предназначено для обеспечения экономичной, надежной и длительной работы компрессорной станции, уменьшения износа компрессоров, а также для подачи потребителям сжатого воздуха требуемого давления, необходимой температуры, чистоты и минимальной влажности.

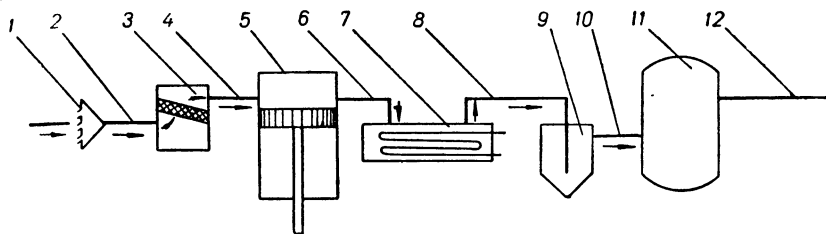
К вспомогательному оборудованию компрессорной станции относятся:

- 1) устройства для очистки всасываемого воздуха от механических примесей и влаги — фильтр-камеры и фильтры;
- 2) устройства для охлаждения нагнетаемого воздуха — конечные охладители (холодильники);
- 3) устройства для очистки и осушки нагнетаемого воздуха от масла и воды — масलोдоотделители;
- 4) сосуды для аккумуляирования воздуха и выравнивания давления в пневмосети — воздухохранилища (ресиверы) и воздухохранилищные емкости (баллоны);
- 5) устройства для осушки нагнетаемого воздуха — осушительные установки;
- 6) устройства для наполнения воздуха в баллоны (наполнительные рампы).

Вспомогательное оборудование для простейшей установки низкого давления с поршневым компрессором выбирается и размещается в соот-

ветствии с принципиальной схемой производства сжатого воздуха (фиг. 20).

Атмосферный воздух всасывается компрессором 5 через воздухоприемник 1 и приемный тракт 2, очищается в фильтре 3 перед поступлением во всасывающий трубопровод 4. Сжатый в компрессоре воздух по нагнетательному трубопроводу 6 подается в конечный охладитель 7, охлаждается в нем и поступает по трубопроводу 8 в масловодоотделитель 9, очищается от масла и воды, затем по нагнетательному трубопроводу 10 поступает в воздухосорбник 11, из которого по магистральному трубопроводу 12 подается потребителям.



Фиг. 20. Принципиальная схема размещения вспомогательного оборудования простейшей поршневой компрессорной установки:

1 — воздухоприемник, 2 — приемный тракт; 3 — фильтр; 4 — всасывающий трубопровод; 5 — поршневой компрессор, 6 — нагнетательный трубопровод, 7 — конечный охладитель; 8 — нагнетательный трубопровод, 9 — масловодоотделитель; 10 — нагнетательный трубопровод, 11 — воздухосорбник; 12 — магистральный трубопровод.

Встречаются компрессорные установки, у которых отсутствует один или несколько отдельных элементов описанной выше схемы; например, приемный тракт 2, всасывающий трубопровод 4, конечный охладитель 7, нагнетательные трубопроводы 6 или 8.

Для малой компрессорной установки производительностью до $3 \text{ м}^3/\text{мин}$ в отдельных случаях воздухоприемник и фильтр можно устанавливать непосредственно на компрессоре; в этом случае отсутствуют приемный тракт и всасывающий трубопровод. Иногда эксплуатируются компрессорные установки без конечного охладителя или применяется такая конструкция конечного охладителя, в котором имеется масловодоотделитель, в этом случае отсутствует нагнетательный трубопровод 8. Вместо воздухосорбника могут быть установлены баллоны и другие воздухохранительные емкости. Магистральный воздухопровод 12 может быть выполнен в виде коллектора с расходящимися межцеховыми воздухопроводами или в виде коллектора, из которого производится наполнение (зарядка) баллонов сжатым воздухом.

2. ФИЛЬТРАМЕРЫ И ФИЛЬТРЫ

Атмосферный воздух, засасываемый компрессором, содержит (кроме различных газов) водяные пары, пыль и другие механические примеси, количество которых зависит от места расположения компрессорной станции, времени года, метеорологических условий и других причин.

Пыль и механические примеси, попадая в цилиндры поршневых и ротационных компрессоров, нарушают их нормальную работу, способствуя: а) образованию нагара на поверхностях клапанов, пригоранию поршневых колец и пластин; б) быстрейшему износу стенок цилиндров, поршневых колец, штока и чрезмерному нагреву движущихся деталей компрессора; в) уменьшению герметичности всасывающих и нагнетательных клапанов, вследствие чего снижается производительность компрессора, резко возрастает конечная температура сжатого воздуха и увеличивается расход электроэнергии.

Для того чтобы воздух, поступающий в компрессор, был относительно сухим и холодным и, главное, не содержал механических примесей и газов, могущих вызвать при определенных условиях взрыв, место забора атмосферного воздуха должно выбираться исходя из следующих соображений.

1. Забор атмосферного воздуха нужно осуществлять снаружи помещения, из затененных и наименее загрязненных мест, на высоте не менее 4 м от поверхности земли.

Всасывание воздуха внутри помещения можно производить только с разрешения технической и пожарной инспекции, причем только для одного компрессора производительностью не более 3 м³/мин.

2. Устройство для забора воздуха должно отстоять от всасывающего патрубка компрессора на расстоянии не более 10—12 м и выбираться с учетом требований, предъявляемых к всасывающим воздухопроводам (см. гл. XI).

Всасываемый воздух обязательно должен проходить через устройства, очищающие его от механических примесей и влаги, а также уменьшающие шум на всасывающей линии компрессора. Относительная влажность воздуха, поступающего в компрессор, не должна превышать 65%. При большем влагосодержании всасываемого воздуха необходимо предусматривать его осушку.

К устройствам, очищающим всасываемый воздух от влаги и механических примесей, относятся воздухоприемники, влагоулавливающие и пылеулавливающие камеры, фильтркамеры и фильтры.

Известны два способа очистки воздуха от пыли: сухой и мокрый. Сухой способ применяется в пылеулавливающих камерах, фильтрах и фильтркамерах, а мокрый способ — в масляных фильтрах.

Условно пыль классифицируют:

1) по величине пылинок: мелкая пыль — с размером пылинок до 100 мк; средняя пыль — с размером пылинок до 200 мк; крупная пыль — с размером пылинок более 200 мк;

2) по характеру пылинок: сухая пыль (кварц, кремнезем, песок); влажная пыль (сажа); волокнистая пыль (текстильная, асбестовая).

В зависимости от весового количества пыли, содержащейся в воздухе, принято считать: малое начальное пылесодержание —

до 50 мг/м^3 , среднее начальное пылесодержание — до 500 мг/м^3 ; высокое начальное пылесодержание — более 500 мг/м^3

Отношение весового количества пыли, осаждаемой в пылеотделяющем устройстве, к количеству пыли, поступающей в пылеотделитель, выраженное в процентах, определяет степень очистки воздуха и называется конечным коэффициентом очистки.

Степень очистки воздуха бывает трех видов: грубая очистка при которой улавливается крупная пыль; средняя очистка — при которой улавливается мелкая пыль от 10 до 100 мк , тонкая очистка — при которой улавливается очень мелкая пыль (до 10 мк).

Для грубой очистки всасываемого воздуха служат воздухоприемники. Воздухоприемники бывают различных конструкций. Чаще всего это — раструб, соединенный с приемным трубопроводом. На приемной стороне раструба монтируется сетка или жалюзи для предохранения фильтра и компрессора от попадания в них крупных предметов при всасывании воздуха.

Иногда воздухоприемник выполняется в виде железобетонной пылеулавливающей камеры с жалюзи. Если внутри камеры устанавливаются фильтры, то ее называют *фильтркамерой* (фиг. 21). Проходя через фильтркамеру, крупные частицы пыли оседают на дно камеры, а мелкие — задерживаются фильтром. Чтобы всасываемый воздух не захватывал осевшую на стенах и дне камеры пыль, дно камер иногда заполняется проточной водой, уровень которой поддерживается переливной трубкой.

Пылесадочную камеру целесообразно устраивать перед фильтром компрессорной установки, располагающейся на территории пыльного промышленного предприятия и в местности с большой запыленностью наружного воздуха.

К фильтркамерам предъявляются следующие требования:

1. Фильтркамера должна быть огнестойкой.

Для временных установок допускается с разрешения районной технической инспекции сооружение камеры в полуголестойком исполнении. Дверцы и жалюзи камер могут быть деревянными или металлическими.

2. Рабочая площадь жалюзи должна быть не менее наружной рабочей площади фильтра. Нижняя кромка жалюзи фильтркамеры должна находиться от земли на расстоянии не менее 4 м.

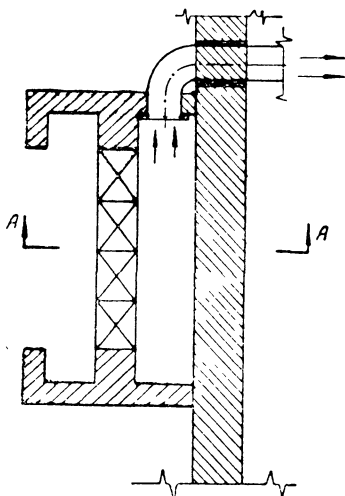
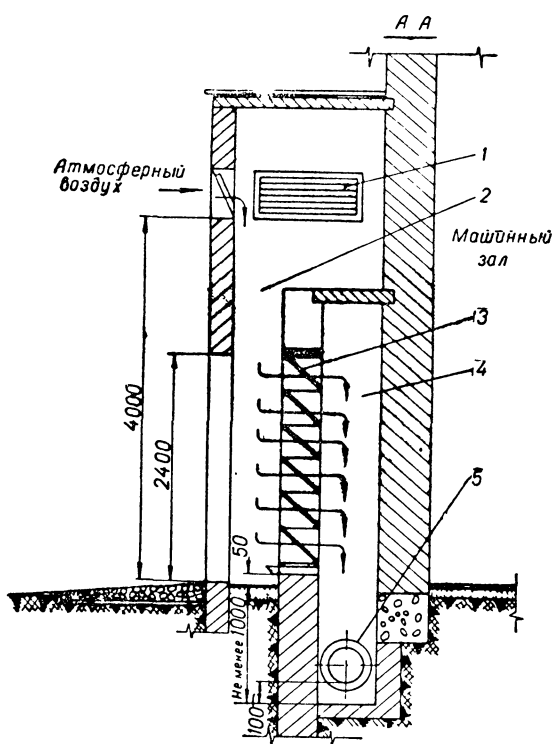
3. Отметка пола фильтркамеры должна быть выше отметки земли на 20—30 см.

Рама фильтра с кассетами (ячейками) должна отстоять от уровня пола не менее чем на 5 см.

4. Всасывающий трубопровод должен входить во внутрь фильтркамеры на 5—10 см и отстоять от пола не менее чем на 10 см.

Ось всасывающего трубопровода должна проходить примерно через среднюю часть боковой стенки камеры

Фильтркамера может быть только для одной или общей для нескольких компрессорных установок.



Фиг 21. Фильтр-камера (план и разрез):

1 — жалюзи; 2 — пылесадочная камера; 3 — ячейка масляного металлического фильтра; 4 — фильтр-камера; 5 — всасывающий воздухопровод.

Для удобства эксплуатации, особенно при ремонтных работах, а также с целью удовлетворения требований, предъявляемых ко всасывающим воздухопроводам, целесообразнее устраивать отдельные фильтр-камеры для каждого компрессора.

Общую всасывающую камеру целесообразно эксплуатировать в случаях применения наддува для увеличения производительности компрессоров. Но и в этом случае нужно предусматривать перегородки, позволяющие отключать те компрессорные установки, которые находятся в ремонте.

Для средней и тонкой очистки всасываемого воздуха применяются пористые фильтрующие устройства — *фильтры*. В компрессорных станциях применяются обычно масляные металлические фильтры и изредка — матерчатые. Матерчатые фильтры работают так, что всасываемый компрессором воздух проходит сквозь материю, оставляя на ней влагу, частицы пыли и другие механические примеси. Металлические фильтры работают по другому принципу. В металлический кожух укладывают металлические или фарфоровые кольца, смоченные мас-

лом. или в специальные рамки вставляются несколько рядов сеток. При прохождении всасываемого воздуха через сетки или другую пористую массу пыль и влага прилипают к их поверхности.

К фильтрам предъявляются следующие требования.

1. Фильтры должны обладать высокой степенью очистки воздуха от пыли и различных механических включений, содержащихся в окружающем воздухе.

Степень очистки воздуха в фильтрах, применяющихся в компрессорных установках, обычно достигает 95—99 %.

2. Фильтры должны сохранять эффективность своей работы при больших скоростях засасываемого воздуха. Скорость воздуха, проходящего через металлический фильтр, обычно равна 0,5—0,9 м/сек, а через матерчатый фильтр — 1—2 м/сек.

3. Фильтры должны обладать малым сопротивлением движению воздуха. Сопротивления фильтров допускаются: для металлических не более 20—25 мм вод. ст., а для матерчатых — не более 10 мм вод. ст. Следует иметь в виду, что каждые 10 мм вод. ст. увеличения сопротивления фильтра снижают производительность компрессора на 0,1 % а удельный расход энергии увеличивают на 0,05 %.

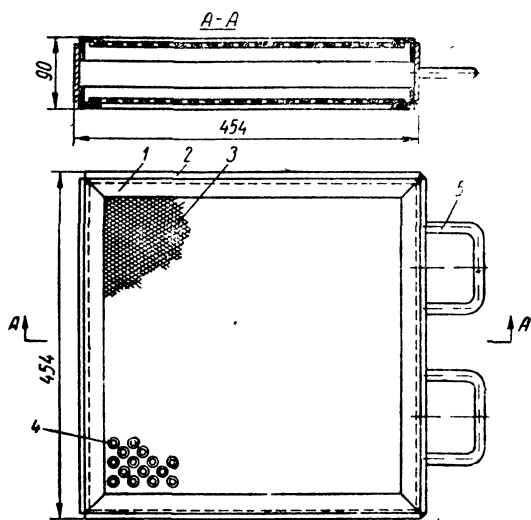
4. Каждый фильтр должен обладать удобством его обслуживания, очистки и ремонта.

5. Фильтр должен отделять влагу от воздуха, находящуюся в нем в капельном состоянии.

6. Фильтры должны быть безопасными в пожарном отношении, дешевыми и простыми в изготовлении и по возможности компактными.

Этим требованиям удовлетворяют лучше всего масляные металлические фильтры, состоящие из металлического корпуса, в котором устанавливаются ячейки с насадкой из колец Рашига или с сетками конструкции Е. В. Рекк.

На фиг. 22 показана ячейка масляного металлического фильтра с насадкой из колец Рашига, предназначенного для тонкой очистки наружного воздуха при начальной запыленности его не более 20 мг/м³. В качестве фильтрующей насадки в ячейках фильтра применяются



Фиг. 22. Ячейка масляного металлического фильтра с насадкой из колец Рашига.

1 — рамка; 2 — лист стальной; 3 — сетка;
4 — кольца Рашига; 5 — ручка.

обрезки оцинкованных или медных трубочек диаметром 7—12 мм и такой же длины. Насадка смачивается веретенным, цилиндрическим или парфюмерным маслом в зависимости от температуры окружающего воздуха в зимнее время. Производительность одной ячейки 1000 м³/час, сопротивление ее 8—12 кг/м².

На фиг. 23 показан металлический фильтр, составленный из восьми подобных ячеек. Число ячеек подбирается по табл. 4 в зависимости

Таблица 4

Данные для расчета и выбора ячейковых масляных фильтров с насадкой из колец Рашига

Производительность компрессора		Требуемая поверхность фильтра, м ²	Необходимое количество ячеек размером 400×400 мм			Действительная нагрузка на фильтр, м ³ /м ² /час	Максимальная допустимая пропускная способность фильтра, м ³ /мин
м ³ /мин	м ³ /час		всего	в том числе			
				по вертикали	по горизонтали		
10	600	0,273	2	2	1	1870	15
20	1200	0,546	4	4	1	1870	25
30	1800	0,819	6	3	2	1870	35
40	2400	1,092	8	4	2	1870	50
50	3000	1,365	10	5	2	2080	55
60	3600	1,638	12	4	3	1870	70
70	4200	1,911	12	4	3	2180	85
80	4800	2,184	15	5	3	2000	90
90	5400	2,457	16	4	4	2110	105
100	6000	2,73	18	6	3	2080	120

от производительности компрессора или поверхности фильтра, т. е. от площади лобового сечения, которую определяют по формуле

$$F_{\phi} = \frac{Q_{ку}}{v_{\phi}} \text{ м}^2,$$

где $Q_{ку}$ — паспортная производительность компрессорной установки, т. е. количество всасываемого воздуха, пропускаемого через фильтр, м³/час;

v_{ϕ} — удельная нагрузка фильтра на 1 м² площади лобовой поверхности в м³/м²/час, или скорость воздуха, протекающего через фильтр, м/час.

Обычно поверхность фильтра принимают равной 0,25—1 м² на каждые 1000 м³ воздуха, всасываемого компрессором в час.

Зная требуемую поверхность фильтра, определяют количество ячеек и способ расположения их в панели.

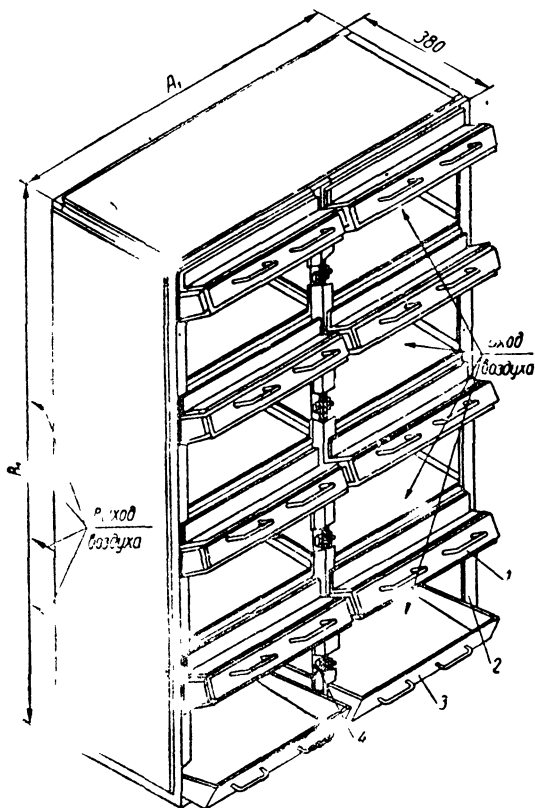
В табл. 5 приведены установочные размеры фильтров с кольцами Рашига для размещения их в фильтркамерах.

Установочные размеры A_1 и B_1 даны с учетом обшивки каркаса из стали толщиной 2 мм.

Расчетные данные (табл. 4) относятся к поршневым компрессорам

**Установочные размеры воздушных висциновых фильтров с насадками
из колец Рашига**

Число ячеек		Производи- тельность $\text{м}^3/\text{мин}$	Размеры, мм		Вес установки фильтра кг
по горизон- тали	по вертикали		А	В	
1	4	20	468	1452	123,0
2	4	40	932	1452	230,7
3	4	60	1396	1452	338,4
3	5	80	1396	1802	397,0
3	6	100	1396	2152	494,0



Фиг. 23 Масляный металлический фильтр состав-
ленный из восьми ячеек с кольцами Рашига:

1 — ячейка фильтра; 2 — каркас (корпус) фильтра;
3 — поддон, 4 — болт с гайкой.

двойного действия, для которых нагрузка на лобовую поверхность
фильтра принята равной $2200 \text{ м}^3/\text{м}^2/\text{час}$.

Для компрессоров простого действия допускаемая нагрузка снижается вдвое, и соответственно поверхность фильтра должна быть уменьшена в два раза.

Для турбокомпрессоров требуемая поверхность фильтра определяется исходя из допускаемой нагрузки на лобовую поверхность фильтра, равной $4000 \text{ м}^3/\text{м}^2/\text{час}$. Сопротивление воздушного фильтра не превышает 8—10 мм вод. ст. При использовании для фильтра одной кассеты размером $500 \times 500 \text{ мм}$ с пропускной площадью, равной $0,25 \text{ м}^2$ и допускаемой скоростью всасываемого воздуха 1—1,3 м/сек, через нее можно пропустить $17 \text{ м}^3/\text{мин}$ всасываемого воздуха.

Число кассет определяется по формуле

$$A = \frac{Q_k}{17} k,$$

где Q_k — производительность компрессора, $\text{м}^3/\text{мин}$;

k — коэффициент неравномерности скорости воздуха, представляющий собой отношение максимальной скорости воздуха к средней (табл. 6).

Таблица 6

Значение коэффициента неравномерности скорости воздуха, проходящего через фильтр

Тип компрессора	к
Поршневой одноцилиндровый простого действия	3,14
Поршневой одноцилиндровый двойного действия	1,57
Поршневой двухцилиндровый двойного действия	1,15
Ротационный и турбокомпрессор	1,00

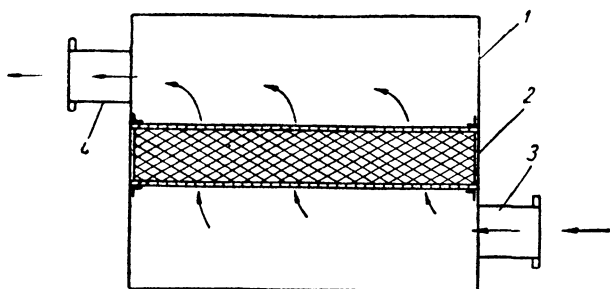
В небольших компрессорных станциях, оборудованных компрессорами производительностью не более $20 \text{ м}^3/\text{мин}$ каждый, применяются индивидуальные металлические фильтры с одной и двумя ячейками с насадкой из колец Рашига (фиг. 24 и 25). Ячейки могут размещаться в вертикальном или горизонтальном положении в сварном металлическом корпусе.

Фильтры устанавливают внутри помещения или вне его, в зависимости от наличия места в машинном зале и условий эксплуатации.

Для тонкой очистки всасываемого воздуха и улавливания пыли с диаметром частиц в среднем более $1,5\text{—}2 \text{ мк}$ широкое применение нашли металлические ячейковые масляные фильтры системы Е. В. Рекк, обладающие наибольшим коэффициентом очистки, наименьшим сопротивлением и малым весом. Указанные фильтры изготавливаются из ячеек двух моделей: малой и большой одинаковых размеров ячейки.

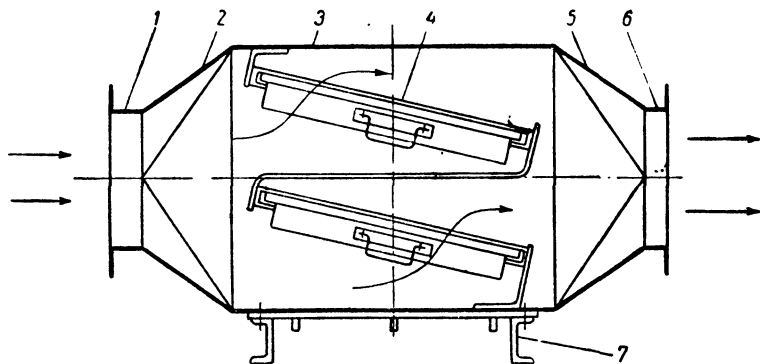
Малая модель предназначена для очистки воздуха, содержащего не более 5 мг пыли на 1 м^3 воздуха; общий вес такой ячейки в сборе 9,35 кг.

Большая модель предназначена для очистки воздуха, содержащего до 20 мг пыли на 1 м^3 воздуха; общий вес ячейки — 14,35 кг. Каждая



Фиг. 24. Схема металлического фильтра с одной ячейкой для компрессора производительностью не более $10 \text{ м}^3/\text{мин}$:

1 — корпус; 2 — ячейка; 3 — патрубок входа воздуха; 4 — патрубок выхода воздуха



Фиг. 25. Схема металлического фильтра с двумя ячейками:

1 — патрубок входа воздуха; 2 — верхний переходной патрубок; 3 — корпус; 4 — ячейка; 5 — нижний переходной патрубок; 6 — патрубок выхода воздуха.

ячейка закрепляется в установочной рамке, которая крепится к стене металлической, железобетонной или другой конструкции (фиг. 26).

Каждая ячейка фильтра состоит из металлической коробки и установочной рамки. Коробка фильтра заполняется несколькими рядами гофрированных стальных сеток, укладываемых таким образом, что гофры перпендикулярны друг другу. Сети в коробке укладываются так, что размеры отверстий в сетках и относительные площади их живого сечения уменьшаются

в направлении движения очищаемого воздуха.

Ячейки фильтров с помощью защелок закрепляются в установочных рамках, имеющих войлочные прокладки для устранения просачивания воздуха между задними стенками коробок фильтров и внутренними поверхностями задних стенок установочных рамок.

Установочные рамки фильтров скрепляются между собой заклепками. Рамки со вставленными в них ячейками фильтров образуют фильтрующие панели. Панели устанавливаются в проемах фильтркамер на пути движения очищаемого от пыли воздуха.

Фильтры состояются из отдельных ячеек и устанавливаются в рамках, образуя панели (фиг. 27).

Исходя из требований жесткости, в одной панели должно быть не более 16 ячеек малой модели и не более 30 ячеек большой модели. При этом по сторонам панели допускается максимальное число ячеек: при 16 ячейках — 4×4 , при 30 ячейках — 6×5 .

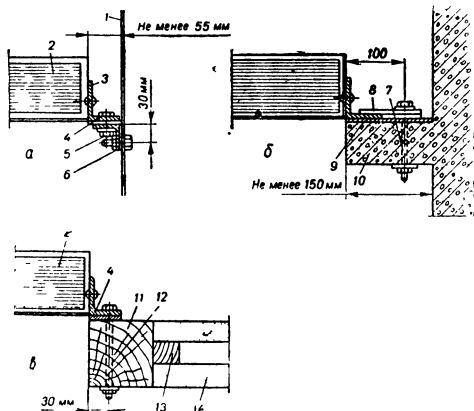
Крепления и конструкции фильтров Рекк для очистки воздуха применяются двух вариантов:

ВФ — вертикальный плоский фильтр с количеством ячеек—1, 2, 3, 4, 6, 8, 9, 12, 16 и 20;

ЗФ — вертикальный зигзагообразный фильтр с количеством ячеек 8, 12, 16, 18, 24 и 32.

Фильтры ВФ имеют одну раму. Рама сваривается нормальным швом.

В целях удобства транспортировки рама может быть разделена на части, соединяемые на месте монтажа сваркой. Зазоры между секциями и между секциями и рамами не допускаются.



Фиг. 26 Схемы крепления к стене ячеек фильтра системы Е В Рекк

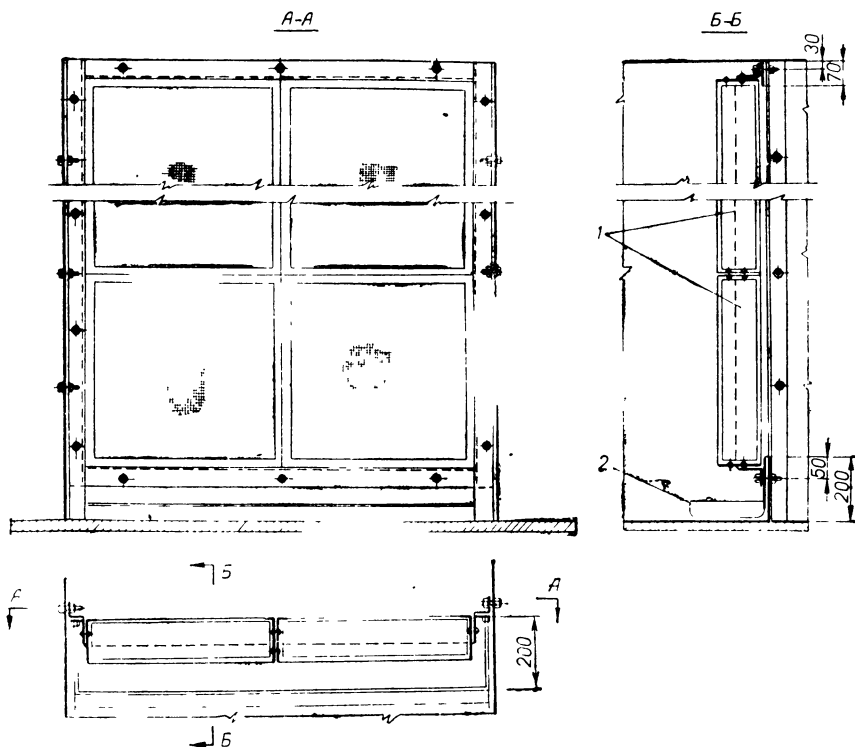
а — металлической, б — железобетонной.

в — шлакоалебастровой

1 — стена металлическая; 2 — ячейка фильтра; 3 — уголок $50 \times 50 \times 5$; 4 — прокладка картонная $50 \times 40 \times 5$; 5 — болт $M12 \times 25$ с гайкой $M12$; 6 — уголок $30 \times 50 \times 5$; 7 — болт $M12$; 8 — прокладка стальная $50 \times 8 \times 5$ длиной 125 мм; 9 — прокладка картонная; 10 — стена железобетонная; 11 — брусок деревянный 120×120 ; 12 — болт $M12 \times 150$; 13 — брусок; 14 — стена шлакоалебастровая

Фильтры ЗФ собираются из отдельных рамок, имеющих по 2, 3 или 4 ячейки фильтров. Соединение рамок между собой производится на болтах.

Устройство поддонов обязательно в целях предохранения пола от загрязнения.



Фиг 27 Панель составленная из ячейковых фильтров системы Е В Рекк:

1 — ячейка фильтра; 2 — поддон.

Благодаря тому, что фильтры системы Е. В. Рекк лучше, чем фильтры с кольцами Рашига, изготавливаются предприятиями Главспецхимпрома, рекомендуется устанавливать в фильтркамерах фильтры системы Е. В. Рекк. Выбор фильтра этой системы можно произвести, пользуясь табл. 7 и 8, а также графиком (фиг. 28).

Ниже приводится пример расчета фильтра к компрессорной установке.

Пример 1. Требуется подобрать панель из ячеек фильтра системы Рекк для установки ее в фильтркамере компрессорной установки производительностью $250 \text{ м}^3/\text{мин}$ или $15000 \text{ м}^3/\text{час}$ свободного воздуха и определить период времени между очередными промывками фильтра.

Даны: а) пыль — литейная при средней концентрации ее в воздухе $6 \text{ мг}/\text{м}^3$; б) конечное сопротивление фильтра не должно превышать $20 \text{ кг}/\text{м}^2$; в) компрессорная установка работает 16 час. в сутки, т. е. две смены.

Расчет

1. Учитывая относительно большую запыленность воздуха, выбираем по табл. 7 большую модель фильтра Б-8_{2,5} + 6_{1,2} + 4_{0,63}.

2. При заданном сопротивлении запыленного фильтра, не превышающем 20 кг/м², сопротивление незапыленного фильтра не должно превышать 10 кг/м².

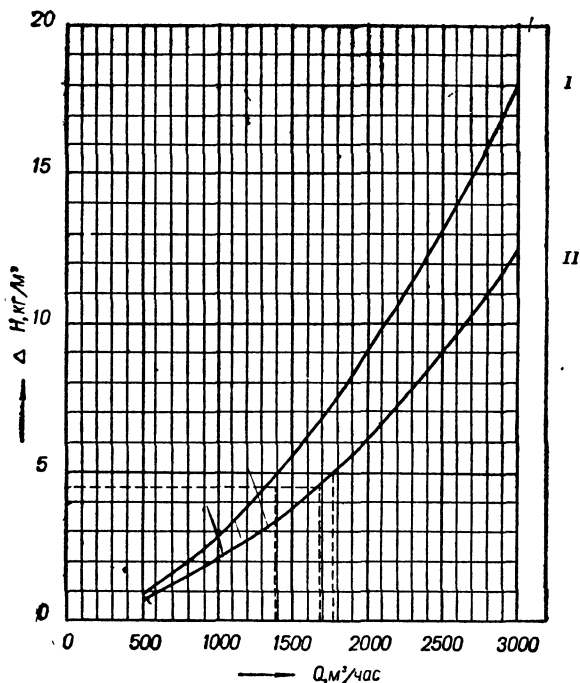
Пользуясь графиком (фиг. 28), находим, что сопротивлению 10 кг/м² соответствует производительность ячейки большой модели в 2100 м³/час.

3. Определяем потребное количество ячеек фильтра

$$n = 15000 : 2100 = 7,13.$$

Принимаем к установке 8 ячеек фильтров, монтируемых в панель 2 × 4 ячейки с размерами панели:

$$520 \times 2 = 1040 \text{ мм на } 520 \times 4 = 2080 \text{ мм.}$$



Фиг. 28 Сопротивление фильтров системы Е. В. Рекк в зависимости от производительности ячейки:

I — Малой модели М-6_{1,2} + 6_{0,63} и большой модели

Б-8_{2,5} + 6_{1,2} + 4_{0,63}; II — Малой модели М5_{2,5} + 4_{1,2} + 3_{0,63}

4. Для того, чтобы определить период времени между очередными промывками фильтра, необходимо знать пылеемкость фильтра, которую можно определить по табл. 8.

Пылеемкость одной принятой ячейки фильтра при литейной пыли составляет до 1200 г при коэффициенте очистки 0,97. Откуда продолжительность периода времени между очередными промывками фильтра составит

$$t = \frac{1200}{0,006 \cdot 2100 \cdot 0,97} \approx 100 \text{ час.}$$

Таким образом, из расчета видно, что один раз в неделю необходимо промывать фильтр.

Промывку фильтра следует производить при достижении им сопротивления, не менее чем вдвое превышающего сопротивление фильтра в чистом, незапыленном состоянии.

Промывку и промасливание фильтров проводят в следующем порядке: а) запыленные ячейки фильтров вынимают из установочных рамок и транспортируют в помещение, отведенное для промывки и промасливания; б) задержанную фильтром пыль вытряхивают из фильтра легким постукиванием деревянного молотка по стенам корпуса ячейки; в) промывают фильтр в ванне с горячим (60—70°) содовым раствором (одна весовая часть каустической соды на десять весовых частей воды), резко погружая в раствор и извлекая обратно из раствора; г) после промывки в содовом растворе фильтр немедленно промывают во второй ванне с чистой горячей (40—50°) водой; д) после промывки дают в течение 1—2 мин. стечь воде через отверстия в корпусе фильтра и сразу же (во избежание коррозии сеток) погружают фильтр в третью ванну с маслом.

Промасливание длится 0,5—1 мин. Практически очистка ячейковых фильтров производится через 5—10 дней при начальном пылесодержании 10—20 мг/м³ и через 10 час. при пылесодержании порядка — 100 мг/м³. Очистку ячеек удобнее производить, заменяя запыленные ячейки запасными.

Висциновый фильтр, смазанный висциновым маслом, должен постоять не менее 12 час., чтобы с его решетки стекло излишнее масло.

Лучшим маслом для масляных фильтров является специальное висциновое масло, дающее тонкую, долго не высыхающую пленку на кольцах и не густеющую при температуре — 65° С.

Висциновое масло, составляется из 60% цилиндрического 2 и 40% солярового масла или заменяется смесью турбинных масел 22 и 46 с таким расчетом, чтобы вязкость смеси была 3,3—3,5° Е с добавлением 15% вареного масла.

Висциновое масло, применяемое для смачивания кассет, должно обладать следующими свойствами:

Удельный вес при 15°	0,887 г/см ³
Вязкость по Энглера при 50°	3,7°
Испаряемость за 4 часа при температуре 150°	0,35%
Растворимость в 40-кратном объеме бензина	полная
Температур вспышки по Бренкену	190°
Температура воспламенения	228°
Температура загустения	—65°

Однако для этой цели можно применять и другое масло (например, веретенное № 2, ГОСТ 1707-51), пленка которого обладает такими же свойствами. Пасадки, смоченные висциновым, цилиндрическим, веретенным или парфюмерным маслом, увеличивают поверхность фильтра примерно в 30—35 раз против поверхности лицевой стороны фильтра. При этом одна ячейка обеспечивает фильтрацию до 1200 м³ воздуха в час.

Размеры, набор сеток и вес фильтров конструкции Е. В. Рекк

Наименование модели фильтра и ее условное обозначение*	Размеры установочной рамки фильтра, мм	Размеры ячейки фильтра, мм	Числа и номера** сеток в ячейке фильтра	Приблизительный вес, кг		
				установочной рамки	ячейки	общий
Малая модель 1951 г. М-6 _{1,2} + + 6 _{0,63}	520×520×70	510×510×50	6 шт. № 1, 2— 0,35 5 шт. № 0,63— 0,25 Всего: 12 сеток	5	7	10
Малая модель 1952 г. М-5 _{2,5} + + 4 _{1,2} + + 3 _{0,63}			5 шт. № 2,5—0,5 4 шт. № 1, 2—0,35 3 шт. № 0,63— 0,24 Всего: 12 сеток			
Большая модель 1951 г. Б-8 _{2,5} + + 6 _{1,2} +4 _{0,63}	520×520× ×120	510×510× ×100	8 шт. № 2, 5— 0,5 6 шт. № 1, 2— 0,35 4 шт. № 0,63— 0,25 Всего: 18 сеток	3,5	11	14,5

* М и Б сокращенные наименования малой и большой моделей фильтров. Большие цифры следующие за условными наименованиями моделей, характеризуют число однородных сеток, составляющих пакет, а индексы — обозначают размер стороны квадратного отверстия сетки в мм.

** Номера сеток приняты согласно ГОСТу 3826-47. Например: № 1,2—0,35 обозначает сетку с квадратным отверстием 1,2×1,2 мм с диаметром нитки — 0,35 мм.

Таблица 8

Пылезадерживающая способность и пылеемкость одной ячейки фильтра конструкции Е. В. Рекк

Наименование пыли	малая двух- лойная мо- дель фильтра 1951 г. М-6 _{1,2} +6 _{0,63}		малая трех- слойная мо- дель фильтра 1952 г. М-5 _{2,5} +4 _{1,2} +3 _{0,63}		большая трех- слойная мо- дель фильтра 1951 г. Б-8 _{2,5} +6 _{1,2} +4 _{0,63}	
	Пылеем- кость, г/ячейку	Средний коэффици- ент очист- ки	Пылеем- кость, г/ячейку	Средний коэффици- ент очист- ки	Пылеем- кость, г/ячейку	Средний коэффици- ент очист- ки
Литейная № 1	600	0,99	600	0,97	1200	0,97
Литейная № 2	350	0,88	400	0,89	800	0,88
Цементная № 1	450	0,96	550	0,97	1000	0,98
Цементная № 2	350	0,97	500	0,97	800	0,98
Цементная № 3	450	0,91	600	0,93	900	0,92
Цементная № 4	280	0,86	400	0,87	600	0,86
Угольная № 1	250	0,95	500	0,94	700	0,95
Угольная № 2	240	0,94	500	0,92	600	0,92
Зола угольная № 1	470	0,99	700	0,97	1100	0,985
Зола угольная № 2	450	0,94	700	0,93	900	0,95

О засоренности фильтра можно судить по показаниям жидкостного дифференциального манометра.

3. КОНЕЧНЫЕ ОХЛАДИТЕЛИ СЖАТОГО ВОЗДУХА

Процесс сжатия воздуха в компрессоре сопровождается повышением температуры сжимаемого воздуха и значительным выделением тепла.

Воздух, сжимаемый в компрессоре, частично охлаждается в процессе сжатия, однако при выходе из компрессора его температура достигает 140—170°.

При такой температуре влага и масла, находящиеся в сжатом воздухе в парообразном состоянии, уносятся в воздухосорбник и в сеть, что приводит к:

- 1) скоплению паров масла в воздухосорбнике и образованию пожароопасной, а иногда и взрывоопасной смеси;
- 2) уносу большого количества дорогостоящих масел;
- 3) уменьшению сечения трубопроводов за счет отложения на них нагара и конденсации влаги, скопляющейся на отдельных участках трубопроводов и создающей опасность гидравлического удара;
- 4) замораживанию труб и арматуры;
- 5) подаче потребителям сжатого воздуха с большим содержанием масла и влаги, которые понижают производительность пневмоприемников и вызывают ржавление их (для некоторых технологических процессов присутствие влаги и масел в сжатом воздухе недопустимо).

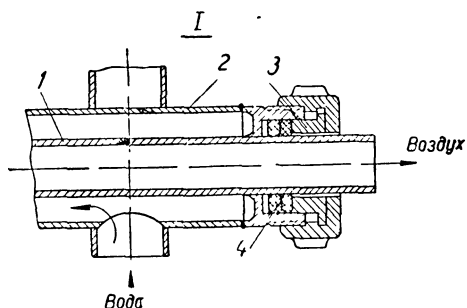
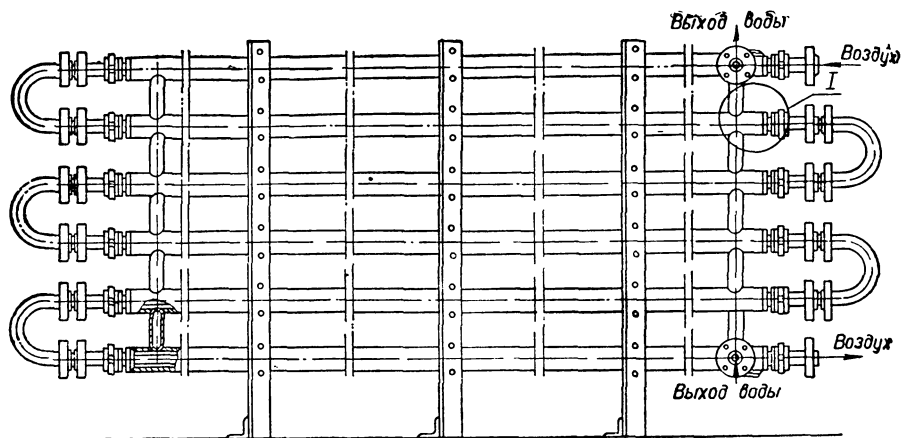
Для понижения конечной температуры сжатого воздуха, выходящего из последней ступени компрессора, а также обеспечения наилучшего последующего отделения масла и влаги из воздуха перед нагнетанием его в воздухосорбник или на коллектор внешней сети воздухопроводов в машинных залах компрессорных станций устанавливаются конечные охладители (холодильники).

В основном применяются конечные охладители типа «труба в трубе» (фиг. 29) и кожухотрубчатые охладители (фиг. 30).

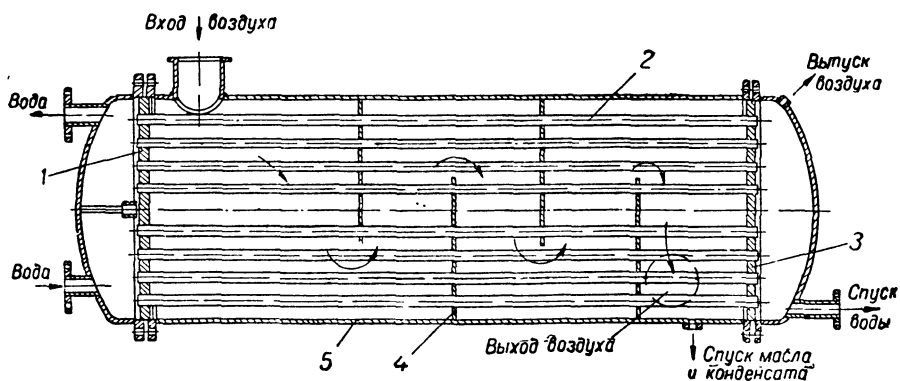
Принцип работы таких конечных охладителей одинаков: сжатый воздух, выходящий из последней ступени компрессора, проходит через сосуд, внутри которого по трубе или пучку труб циркулирует холодная вода. В охладителе сжатый воздух отдает свое тепло охлаждающей воде.

Охладители типа «труба в трубе» применяются для охлаждения воздуха после III, IV и V ступеней компрессора. Сжатый воздух (фиг. 29) входит в трубу 1, а в пространство между наружной поверхностью трубы 1 и внутренней поверхностью трубы 2 с противоположного конца подается холодная вода.

В последние годы находит применение в компрессорных установках выпускаемых Невским машиностроительным заводом имени В. И. Ленина, конструкция воздухоохладителей с трубками каплеобразной формы, на которые нанизаны пластины, изготовленные из медной фольги толщиной 0,2—0,5 мм. Концы трубки цилиндрические, а средняя часть их имеет каплеобразную форму. Такую конструкцию



Фиг. 29. Конечный охладитель воздуха типа «труба в трубе»:
 1 — воздухопровод; 2 — водопровод; 3 — сальники; 4 — резиновая набивка.



Фиг. 30 Схема кожухотрубчатого охладителя воздуха:
 1 — неподвижная трубная решетка; 2 — водяные трубки; 3 — подвижная трубная решетка; 4 — перегородка; 5 — корпус.

имеют все промежуточные воздухоохладители компрессорных установок, к сожалению, на конечных воздухоохладителях они пока что еще не применяются.

Воздухоохладители с каплеобразными оребренными трубами имеют преимущество перед воздухоохладителями с гладкими трубами за счет более высокой интенсивности теплособмена, что приводит к сокращению веса, габаритов и компактности теплообменника.

Кожухотрубчатые охладители (фиг. 30) применяются в компрессорах как промежуточные охладители воздуха после каждой ступени сжатия и как конечные охладители воздуха в компрессорных установках низкого давления.

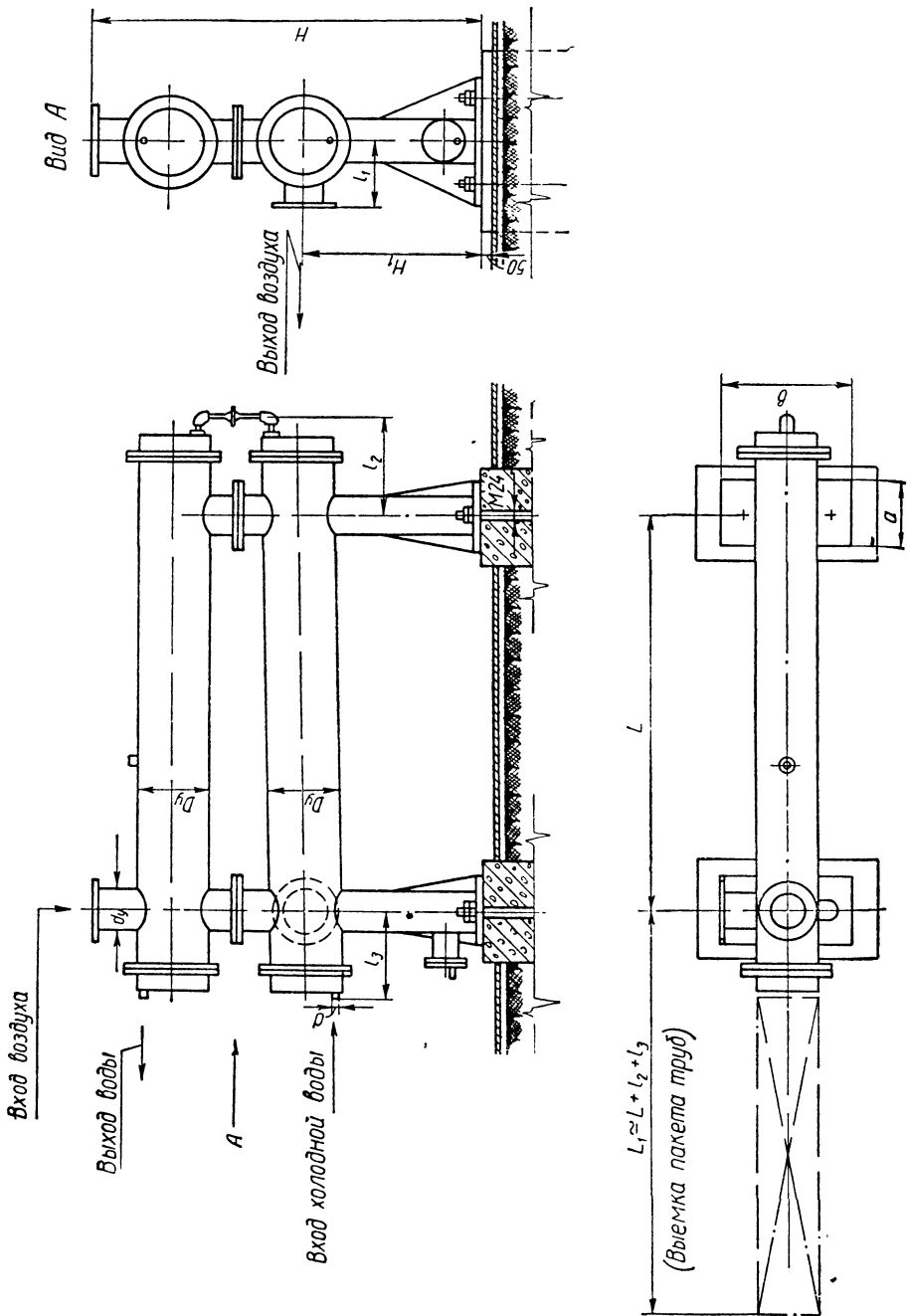
Концы трубок 2 завальцованы в неподвижной трубной решетке 1 и в подвижной трубной решетке 3. Подвижная трубная решетка дает возможность перемещаться трубному пучку вследствие неодинакового удлинения трубок и кожуха при нагревании их во время работы охладителя. Перегородки 4 устанавливаются для удлинения пути охлаждаемого воздуха.

В компрессорных станциях низкого давления, в которых эксплуатируются компрессоры производительностью до $100 \text{ м}^3/\text{мин}$ включительно, целесообразно применять горизонтальные двухсекционные конечные кожухотрубчатые охладители (фиг. 31).

Сжатый горячий воздух, выходящий из последней ступени компрессора, поступает через патрубок в межтрубное пространство верхнего корпуса, омывает находящиеся внутри пучки труб, по которым течет холодная вода, и поступает в нижний корпус, где также омывает пучки труб с водой, совершая волнообразный путь, который создают поперечные перегородки, установленные в шахматном порядке. Охлажденный воздух выходит через нижний боковой патрубок. Холодная вода подается к штуцеру, расположенному в нижнем корпусе, а теплая вода выходит из охладителя через штуцер, имеющийся в верхнем корпусе. При этом охлаждение воздуха производится по принципу противотока.

Водяные трубки в каждом корпусе собраны в секции, которые можно вынуть из охладителя во время чисток или ремонта. Для осушения водяной полости охладителя в крышках имеются спускные пробки. Спуск конденсата из охладителя производится через продувочный вентиль, установленный в нижней части опорной колонки, через каждые два часа, а также перед пуском компрессора и после остановки его. Контроль за уровнем накопившихся влаги и масла в охладителях производится посредством водомерного стекла, установленного на той же опорной колонке, где и продувочный вентиль. Основные конструктивные данные описанных конечных охладителей приведены в табл. 9.

Нижний и верхний корпуса, пучки охлаждающих труб, крышки водяной полости и опорные колонки изготавливаются из бесшовных цельнокатаных и цельнотянутых труб по ГОСТу 8732-58 и 8734-58 из стали 10.



Основные конструктивные данные конечных охладителей (к фиг. 31)

Пропускная способность, м ³ /мин	Поверхность охлаждения, м ²	Диаметр корпуса охладителя D, мм	Диаметр патрубка для входа воздуха d, мм	Расстояние между опорами L, мм	Конструктивные размеры, мм			Высота охладителя H, мм	Расстояние от осей парубка выхода воздуха H ₁ , мм	Диаметры патрубка входа и выхода воды d _в , мм	Общий вес, кг
					l ₁	l ₂	l ₃				
100	32,0	300	200	2900	275	530	437	1603	715	70	1565
60	20,8	250	150	3000	250	480	390	1563	750	40	1103
40	17,3	250	150	2400	250	480	393	1553	750	40	988
20	10,7	200	125	2450	200	435	380	1503	750	32	750
10	4,85	150	100	1900	200	363	310	1163	500	25	411

Трубчатый холодильник после монтажа испытывается на прочность и на плотность отдельно: а) межтрубное пространство испытывается водой давлением 11 кг/см² и сжатым воздухом давлением 8 кг/см²; б) трубное пространство — водой давлением 4,5 кг/см².

После испытания наружные поверхности холодильника грунтуются и окрашиваются масляной краской.

Внутренние поверхности труб холодильника должны подвергаться очистке от накипи и грязи через каждые 3—4 мес. В процессе эксплуатации конечного охладителя нельзя заглушать водяные трубки, дающие течь; их нужно заменять новыми.

Таблица 10

Основные характеристики горизонтальных конечных охладителей, изготовляемых по чертежам Гипроравиапрома и других проектных организаций

Наименование	Единица измерения	Показатель типа охладителя				
		F _I =100	F _{II} =100	F _{III} =40	F _{IV} =20	F _V =10
Рабочее давление воздуха в охладителе	кг/см ²	8	8	8	8	8
Поверхность охлаждения	м ²	25	32	17	10,7	4,85
Пропускная способность охладителя	м ³ /мин	100	100	40	20	10
Температура воздуха, входящего в охладитель	°С	150	150	140	160	160
Температура воздуха, выходящего из охладителя	°С	40	40	30	50	40
Давление воды	кг/см ²	до 3	до 3	до 3	до 3	до 3
Расход охлаждающей воды	м ³ /час	20	23	10	4,5	2,5
Температура охлаждающей воды	°С	20	20	20	20	20
Вес охладителя	кг	1020	1567	988	750	411

В табл. 10 приведены основные технические характеристики некоторых типов кожухотрубчатых горизонтальных конечных охладителей (фиг. 31).

В машинных залах, имеющих небольшую площадь и высоту, можно устанавливать конечные охладители со встроенными в них маслоотделителями (фиг. 32). Основные данные технических характеристик таких конечных охладителей приведены в табл. 11.

Таблица 11

Основные характеристики горизонтальных конечных охладителей со встроенными маслоотделителями (по данным Гипроавтотракторпрома)

Наименование	Единица измерения	Показатель типа охладителя			
		30/100	12/40	6/20	3/10
Рабочее давление воздуха в охладителе	кг/см ²	8	8	8	8
Поверхность охлаждения	м ²	30	12	6	3
Пропускная способность охладителя	м ³ /мин	100	20—40	10—20	4—10
Температура воздуха, входящего в охладитель	°С	160	160	165	160
Температура воздуха, выходящего из охладителя	°С	50	50	35	30
Давление воды	кг/см ²	до 3	до 3	до 3	до 3
Расход охлаждающей воды	м ³ /час	20	8,5	2,3	1,5
Температура охлаждающей воды	°С	25	25	25	25
Вес охладителя	кг	1470	761	474	296
Длина (между крайними выступающими частями)	мм	2597	2254	2228	1965
Ширина (опоры)	»	440	440	430	350
Высота (до входного патрубка)	»	1501	960	1100	1075

В компрессорных станциях, имеющих небольшую площадь машинного зала, применяются вертикальные конечные кожухотрубчатые охладители, у которых трубки расположены вертикально в цилиндрическом корпусе.

По сравнению с горизонтальными вертикальные кожухотрубчатые охладители имеют меньший охлаждающий эффект при равных охлаждающих поверхностях, требуют большую высоту машинного зала, а также особые условия монтажа и эксплуатации.

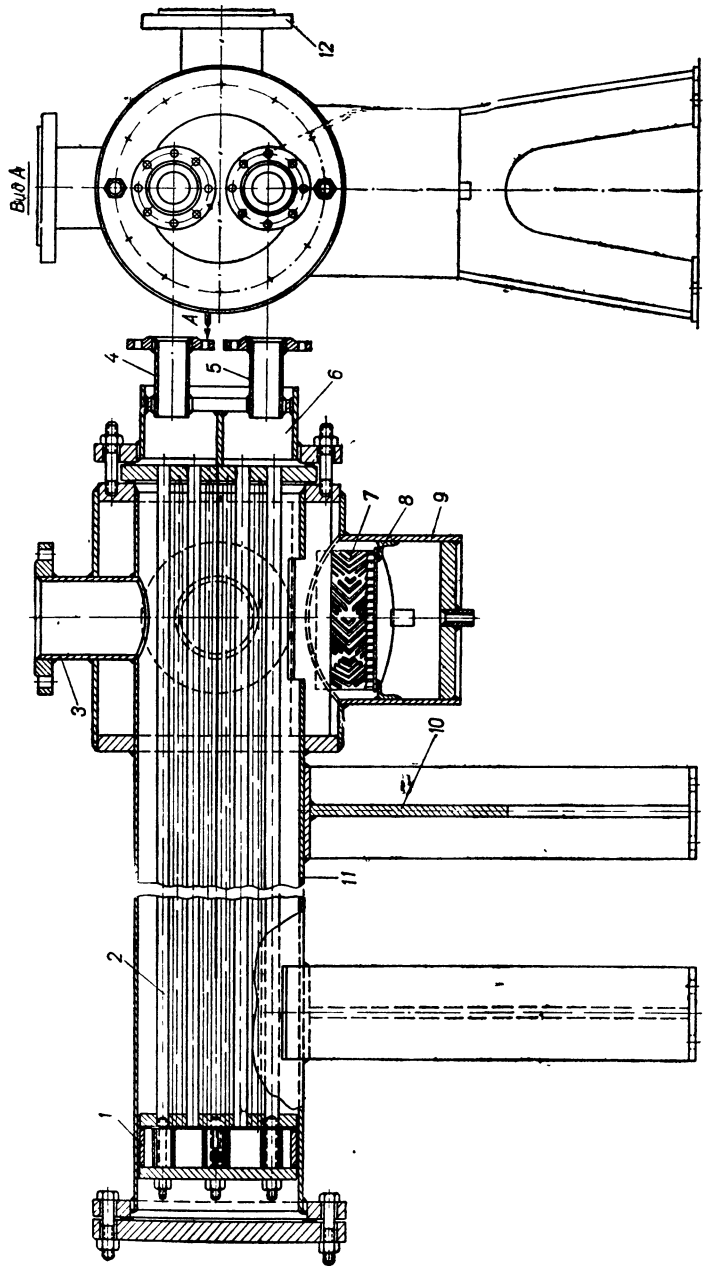
Расчет, устройство и эксплуатация кожухотрубчатых охладителей производятся по имеющимся нормам и правилам [31]. Выбор кожухотрубчатых охладителей можно производить по каталогу НИИхиммаш и заказывать на заводе «Узбекхиммаш», г. Чирчик.

Конечный охладитель создает дополнительное сопротивление нагнетаемому воздуху, в результате чего давление сжатого воздуха падает на 0,15—0,4 %.

Однако расположение конечного охладителя или маслоотделителя с охлаждением возможно ближе к компрессору является радиальным средством против взрывов в компрессорных установках.

К кожухотрубчатым охладителям предъявляются следующие требования:

1) конечный охладитель должен обеспечивать температуру сжатого воздуха, нагнетаемого в сеть не менее чем на 100° ниже температуры вспышки паров смазочного масла;



Фиг. 32. Конечный охладитель воздуха с масловодоотделителем. Поверхность охлаждения 6 м^2 .
 1— задняя водяная камера; 2— трубы охлаждающей воды; 3— патрубок входа воды; 4— патрубок выхода воды; 5— патрубок
 входа воды; 6— передняя водяная камера; 7— отбойная стенка масловодоотделителя; 8— отбойная плита; 9— корпус масловодо-
 отделителя; 10— опора под охладитель; 11— патрубок выхода охлажденного воздуха; 12— патрубок выхода охлажденной воды

2) охладитель должен обладать высокой теплоотдачей, быть простым в изготовлении и надежным в эксплуатации; конструкция его должна быть небольшого веса, компактной и должна позволять удобно производить монтажные и ремонтные работы;

3) поверхность охлаждения охладителя должна соответствовать расчетной;

4) в охладителе не должно быть пропусков воды и воздуха;

5) охладитель должен устанавливаться на фундаменте вблизи компрессора внутри помещения;

6) охладитель должен иметь предохранительный клапан, краны для спуска конденсата — в нижней части, а для выпуска воздуха — в верхней части; на корпусе должен быть штуцер для установки манометра с трехходовым краном;

7) скорость воздуха, проходящего через самое узкое проходное сечение охладителя, в зависимости от типа охладителя должна быть в пределах от 3 до 15 м/сек (в кожухотрубчатом охладителе — 3—5 м/сек, а в охладителе типа «труба в трубе» — 8—15 м/сек);

8) скорость воды в кожухотрубчатом охладителе должна быть равной 0,5—1,5 м/сек, а в охладителе типа «труба в трубе» — 4—8 м/сек.

Следует отметить, что не при всех условиях эксплуатации конечных охладителей можно достичь нужного эффекта.

В табл. 12 приведен результат сравнительного анализа степени подсушки воздуха в конечном охладителе в зависимости от температуры и относительной влажности наружного воздуха [24].

Таблица 12

Зависимость степени подсушки сжатого воздуха в конечном охладителе от температуры и относительной влажности наружного воздуха

Показатели	Относительная влажность наружного воздуха, %	Температура наружного воздуха			
		0° С		20° С	
Температура сжатого воздуха за конечным охладителем, °С	—	30	40	30	40
Влагосодержание всасываемого воздуха при давлении 1 ата	60	3,7	3,7	14,3	14,3
	70	4,3	4,3	16,7	16,7
	80	4,9	4,9	19,0	19,0
Предельное влагосодержание всасываемого воздуха в конечном охладителе при давлении 1 ата	—	4,8	8,4	4,4	7,8
Количество влаги, выделяющейся в конечном охладителе	60	—	—	9,9	6,5
	70	—	—	12,3	8,9
	80	0,1	—	14,6	11,2

Анализ показывает, что при температуре наружного воздуха 0° (при любой его относительной влажности) нельзя отсепарировать влагу в охладителе, если охлаждение сжатого воздуха в нем вести до 40°,

а при относительной влажности 60—70 % нельзя охладить воздух до 30°.

Для того чтобы выбрать поверхность охлаждения конечного охладителя и его конструкцию, необходимо вначале произвести тепловой расчет кольцевого охладителя.

В первом приближении необходимую поверхность теплообмена конечного охладителя определяют по формуле

$$F = \frac{Q'}{k \Delta t} m^2,$$

где Q' — количество тепла, отводимого от сжатого воздуха в охладителе, *ккал/час*;

k — коэффициент теплопередачи, *ккал/м²·час·град*;

Δt — средняя разность температур между воздухом и водой

$$Q' = \gamma V (t_1 - t_2) C_p \text{ ккал/час},$$

где γ — вес 1 м³ воздуха, равный 1,2 кг/м³;

V — производительность компрессора, *м³/час*;

C_p — 0,24 *ккал/кг·град* — теплоемкость воздуха;

t_1 и t_2 — температура воздуха, поступающего в охладитель и выходящего из него.

4. МАСЛОВООТДЕЛИТЕЛИ

Сжатый воздух, выходящий из компрессорной установки, необходимо очищать от содержащихся в нем паров масла и воды с целью предотвращения уноса их в воздухоотборник и трубопроводы. В определенных условиях масло и вода могут быть причиной аварии и даже взрыва. Поэтому с целью очистки сжатого воздуха от масла и воды в поршневых и ротационных компрессорных установках применяются масловодоотделители.

На фиг. 33 приведены схемы применяющихся конструкций масловодоотделителей. Отделение масла и воды в них производится по следующим принципам:

1) изменение направления потока воздуха с применением динамического удара струи сжатого воздуха о внутренние стенки аппарата, что вызывает изменение направления воздушной струи и конденсацию паров масла и воды (фиг. 33, а);

2) оседание масла и воды на пористой массе, которой наполняется сосуд, служащий масловодоотделителем (фиг. 33, б);

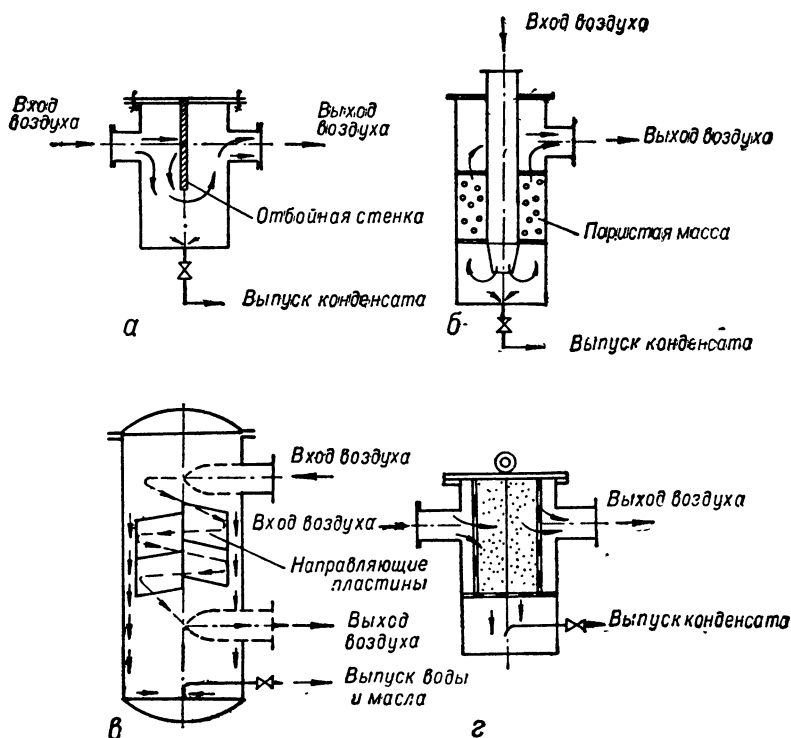
3) сепарация воздуха, происходящая при изменении прямолинейного движения потока воздуха на круговое, при котором частицы масла и воды под действием центробежной силы отбрасываются к стенкам сосуда, стекают по ним и удаляются через нижний вентиль (фиг. 33, в);

4) поглощение влаги и масла путем пропускания влажного воздуха через специальные поглотители (едкий натр, хлористый кальций, активированный уголь, алюмогель и др.) (фиг. 33, г).

В настоящее время имеются конструкции масловодоотделителей,

в которых очистка и осушка нагнетаемого воздуха происходят с использованием одновременно нескольких из указанных принципов.

Для очистки и осушки сжатого воздуха от масла и воды наиболее широкое применение получили масловодоотделители и осушительные баллоны.



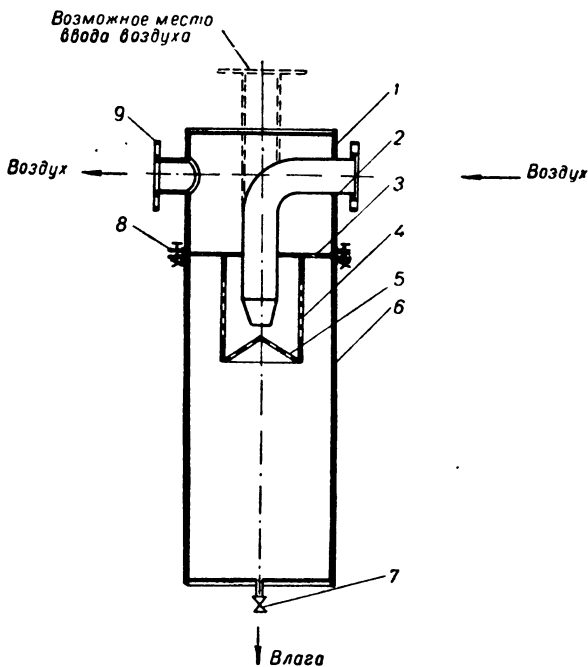
Фиг. 33. Принципиальные схемы масловодоотделителей:

а — с отбойной стенкой; б — с фильтрующей насадкой; в — с сепарирующим устройством; г — с адсорбентом.

Успешно применяется масловодоотделитель (фиг. 34), работающий по принципу динамического удара струи сжатого воздуха об отбойный щит при одновременном изменении направления потока воздуха. Воздух, проходя через патрубок 2, ударяется о щит 5, выделяя при этом значительное количество влаги (воды, масла). Влага проходит через отверстия в цилиндре 4 и щит 5 во влагосорбник 6, из которого выпускается через вентиль 7. Воздух проходит через отверстия в решетке 3 и направляется к патрубку 9 выхода сжатого воздуха.

Из-за малой емкости влагосорбника такие масловодоотделители применяются в компрессорных установках производительностью до $10 \text{ м}^3/\text{мин}$ и на воздухопроводах у мест потребления сжатого воздуха.

Для компрессорных установок производительностью более $10 \text{ м}^3/\text{мин}$ желательно применять масловодоотделитель с пористой массой (фиг. 33, б) или работающий по принципу динамического удара и сепарации воздуха (фиг. 35). Сжатый воздух через патрубок 5 входит во внутрь сосуда 3, в котором имеются лопасти 2 и отбойная стенка 1, совершает движение по спирали сверху вниз, входит в трубу 7 и выходит через патрубок 6. Под действием возникающей при этом



Фиг. 34 Масловодоотделитель новой конструкции:

1 — корпус; 2 — патрубок входа сжатого воздуха; 3 — решетка; 4 — цилиндр с отверстиями; 5 — отбойный щит с отверстиями; 6 — влагосорбник; 7 — вентиль дренажный; 8 — фланцевое соединение; 9 — патрубок выхода сжатого воздуха.

центробежной силы частицы масла и воды, ударяясь о стенки сосуда и лопасти 2, оседают на дне сосуда. Для удаления скопившихся масла и воды предусмотрен вентиль 8, который периодически открывают при продувках масловодоотделителя. Конструкция описанного масловодоотделителя хороша еще тем, что воздух, проходя через него, одновременно охлаждается циркулирующей водой.

В компрессорных установках производительностью $40\text{--}100 \text{ м}^3/\text{мин}$ применяют масловодоотделители центробежного типа (фиг. 33, в). Они изготавливаются в виде металлического вертикального сосуда высотой $2\text{--}2,3 \text{ м}$, диаметром корпуса $650\text{--}800 \text{ мм}$. В корпус вставляют пластины, направляющие поток воздуха к стенкам сосуда.

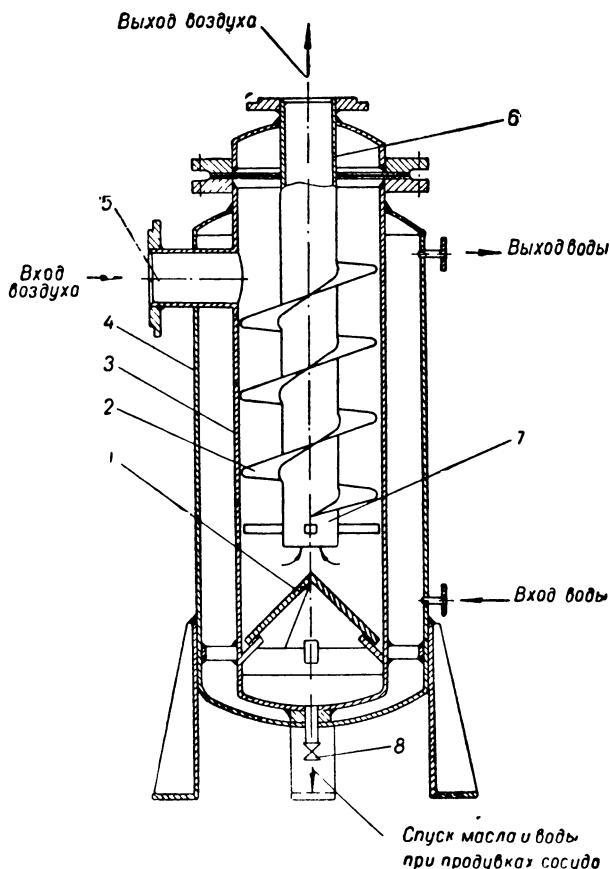
Со стенок масло и вода стекают на дно сосуда, из которого удаляются периодической продувкой воздухом.

Объем масловодоотделителя определяется по формуле

$$V = L \sqrt{10V_0} \text{ м}^3/\text{мин},$$

где V_0 — объем воздуха, засосанного последней ступенью компрессора, предшествующей масловодоотделителю, $\text{м}^3/\text{мин}$;

L — коэффициент, равный 0,025—0,05 для давлений меньше 120 *ати*, и 0,007 — для давлений больше 120 *ати*.



Фиг. 35. Масловодоотделитель с охлаждением воздуха водой

1 — отбойная стенка; 2 — направляющие лопасти; 3 — внутренний сосуд; 4 — наружный сосуд; 5 — патрубок входа воздуха; 6 — патрубок выхода воздуха; 7 — труба; 8 — вентиль.

Как сосуды, работающие под давлением более 0,7 *ати*, масловодоотделители изготавливаются, монтируются, испытываются и эксплуатируются в соответствии с требованиями Государственной инспекции по промэнергетике и энергетическому надзору.

Расчет масловодоотделителя ведется по единым нормам расчета на прочность элементов цилиндрических сосудов, подверженных внутреннему давлению выше $0,7 \text{ атм}$. Порядок проведения расчета приведен в «Справочнике котлонадзора», Госэнергоиздат, 1954.

В зависимости от давления воздуха, нагнетаемого компрессором и проходящего через масловодоотделитель, последние бывают низкого, среднего и высокого давлений. В компрессорных станциях высокого давления для отделения влаги и масла применяются масловодоотделители, изготовляющиеся из специальных баллонов по ГОСТу 5104-49 (фиг. 36).

В соответствии с упомянутым ГОСТом масловодоотделители изготовляются четырех типов: бесклапанные, одноклапанные, двухклапанные и трехклапанные.

Отличаются они только конструкцией головки. Емкость описанного масловодоотделителя 7 л. Воздух поступает в масловодоотделитель по трубе диаметром 10 мм.

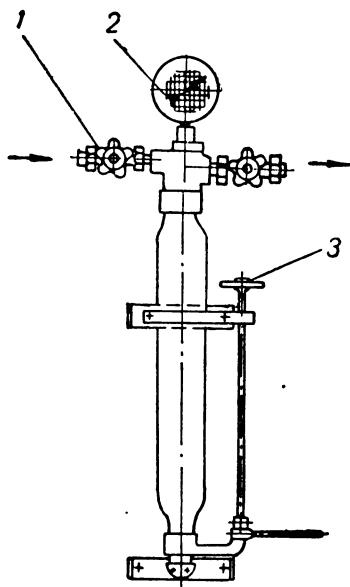
Во время эксплуатации из масловодоотделителя удаляют масло и воду через спускной ventиль. Продувку масловодоотделителя необходимо производить не менее одного раза в сутки, выпуская влагу и масло в специальные баки, устанавливаемые внутри компрессорных станций в каналах или приямках.

Указанные масловодоотделители обычно устанавливаются внутри помещения, за конечным охладителем. При большой емкости масловодоотделителя (более 100 л) и отсутствии опасности замерзания в нем влаги масловодоотделитель следует устанавливать вне помещения.

Масловодоотделители следует устанавливать вблизи воздухооборников, оборудованных предохранительными клапанами и манометрами. Между масловодоотделителем и воздухооборником не разрешается устанавливать запорную арматуру, если до запорного органа нет предохранительного клапана. При установке за масловодоотделителем обратного клапана предохранительный клапан должен быть установлен на масловодоотделителе.

5. ВОЗДУХОСБОРНИКИ И ВОЗДУХОХРАНИТЕЛЬНЫЕ ЕМКОСТИ

В сети трубопроводов, транспортирующих сжатый воздух, имеют место заметные колебания давления воздуха, которые создаются порш-



Фиг. 36 Масловодоотделитель высокого давления

1 — впускной ventиль; 2 — манометр; 3 — ventиль продувки.

пневмическими компрессорами, нагнетающими воздух в сеть порциями, образуя в сети пульсирующие потоки.

Колебания давления воздуха в сети вызываются также включениями и отключениями от сети крупных потребителей сжатого воздуха (например, воздушных молотов), а также одновременным включением или отключением большого количества пневмоприемников.

Колебания давления воздуха во внешней сети снижают производительность компрессора и повышают на 1,5—3% расход электроэнергии, затрачиваемой на сжатие воздуха, а также отрицательно влияют на работу пневмоприемников. Для исключения этого явления применяют воздухохранилища (ресиверы), выравнивающие давление и аккумулирующие сжатый воздух, нагнетаемый поршневым компрессором. Кроме того, в воздухохранилище происходит улавливание масла и воды из сжатого воздуха, нагнетаемого компрессором.

Воздухохранилище представляет собой герметический сосуд цилиндрической формы горизонтального или вертикального исполнения.

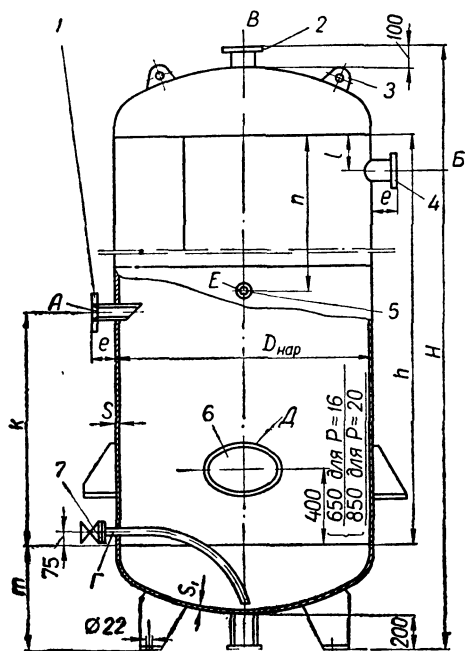
На воздухохранилище должны быть:

1) предохранительный клапан, отрегулированный на предельное давление, превышающее наибольшее рабочее давление воздуха на 10%;

2) манометр с предельной шкалой, превышающей на 2 *атм* давление, необходимое для испытания воздухохранилища (12 *атм* — водой и 8 *атм* — воздухом); манометр должен соединяться с 3-ходовым краном, расположенным в месте, удобном для обслуживания и наблюдения;

3) лаз при внутреннем диаметре воздухохранилища более 800 мм или люк при внутреннем диаметре 800 мм и менее; люк или лаз должны позволять производить очистку внутренней поверхности воздухохранилища;

4) продувочный клапан, отрегулированный на предельное давление, превышающее наибольшее рабочее давление воздуха на 10%;



Фиг. 37. Воздухохранилище завода «Красный Октябрь» (г. Фастов):

- 1 — впускной патрубок; 2 — патрубок для предохранительных клапанов; 3 — скоба для грузоподъемного крюка; 4 — патрубок сжатого воздуха; 5 — патрубок для манометра; 6 — люк-лаз; 7 — вентиль продувки сосуда.

4) запорный вентиль для отсоединения воздухоборника от воздухопроводной магистрали,

5) спускные приспособления—кран, вентиль или конденсатоотводчик для выпуска масла и воды, а также для продувки воздухоборника;

6) легкоплавкая предохранительная пробка (вверху воздухоборника), которая на случай выхода из строя предохранительного клапана от высокой температуры сжатого воздуха расплавляется и выпускает воздух в атмосферу;

7) патрубки для подводящего и отводящего воздухопроводов;

8) патрубков для подключения трубопровода к регулятору производительности компрессора;

9) один или два резервных патрубка для присоединения временных трубопроводов и термометров при испытании компрессора;

10) патрубков в верхнем днище воздухоборника для выпуска взрывной смеси.

В зависимости от давления сжатого воздуха, выходящего из компрессора, воздухоборники выполняются в виде больших цилиндрических сосудов или в виде баллонов, соединяемых в группы (воздухохранительные секции). Воздухоборники для стационарных поршневых компрессоров изготавливаются по ГОСТ 9028-59 и относятся к сосудам, работающим под давлением, поэтому устройство, освидетельствование, надзор и эксплуатация должны производиться в соответствии с правилами [31]. Воздухоборник собирается из стальных листов с помощью электросварки. На воздухоборнике имеются 5 патрубков и лаз. Размещение патрубков на воздухоборнике (в плане) показано на фиг. 38. Для установки воздухоборника на фундамент в его нижнем днище имеются лапы-опоры, а для транспортирования и установки его на фундамент к верхнему днищу приварены скобы 3 (фиг. 37).

В табл. 13 и 14 дана характеристика воздухоборников, изготавливаемых фастовским заводом «Красный Октябрь». Механический завод

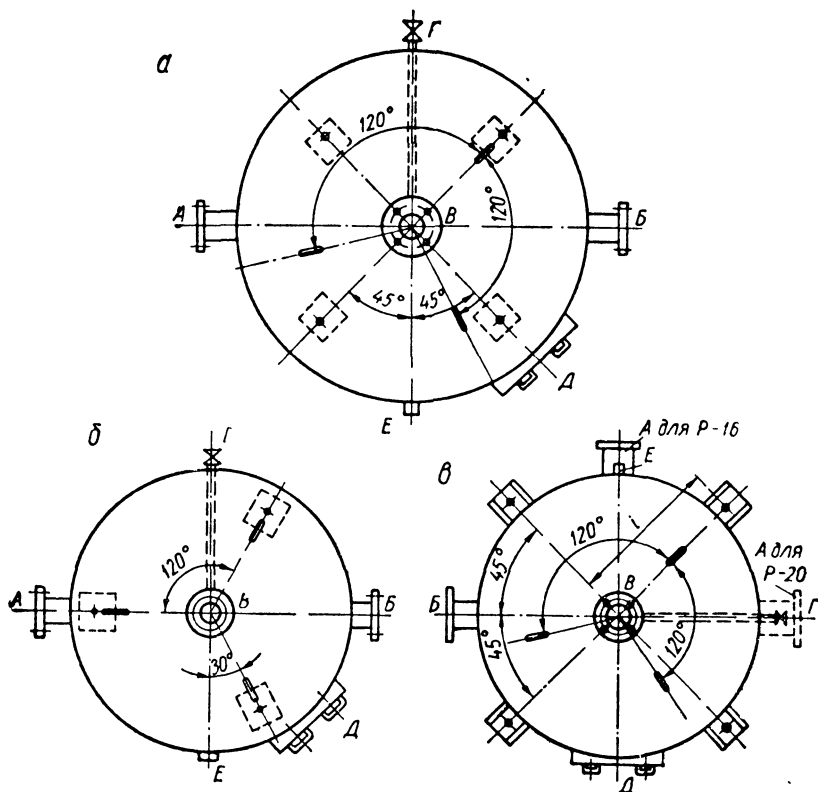
Таблица 13

Воздухоборники (ресиверы) фастовского завода «Красный Октябрь»

Марка воздухоборника		Р-2	Р-3	Р-5	Р-6,5	Р-8	Р-10	Р-16	Р-20
Емкость	м ³	2	3	5	6,5	8	10	16	20
<i>D_{нар}</i>	<i>мм</i>	1000	1200	1400	1400	1600	1600	1800	2000
<i>H</i>	»	3090	3180	4030	4750	4604	5600	6915	6955
<i>h</i>	»	2235	2235	2980	3720	3480	4470	5900	5850
<i>S</i>	»	6	8	8	8	8	8	10	10
<i>S₁</i>	»	8	10	10	10	12	12	14	14
<i>K</i>	»	1300	1200	1300	1300	1750	1750	2800	2600
<i>l</i>	»	150	150	150	150	250	250	1000	1000
<i>e</i>	»	100	100	100	110	150	150	150	150
<i>n</i>	»	600	600	800	800	1650	1650	2000	1600
<i>t</i>	»	360	460	510	510	620	620	1186	1290
<i>m</i>	»	476	521	566	566	612	612	—	—
Вес	кг	560	900	1300	1500	1770	2125	3689	4235

Размеры патрубков на воздухооборниках завода «Красный Октябрь»

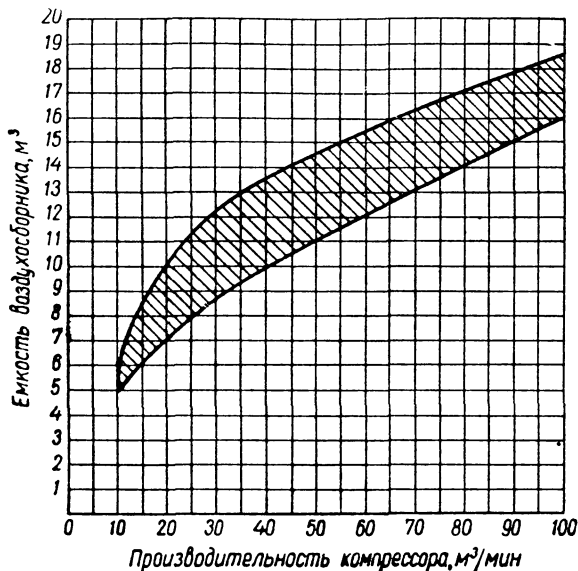
Индекс патрубка	Наименование патрубка	Условный диаметр для воздухооборника, мм							
		P-2	P-3	P-5	P-6,5	P-8	P-10	P-16	P-20
A	Вход воздуха . .	50	50	100	125	200	200	200	200
B	Выход воздуха .	50	50	100	125	200	200	200	200
B	Запасной для предохранительного клапана .	50	50	50	50	50	50	50	50
Г	Для спуска шлама	25	25	25	25	25	25	25	25
Д	Люк	325 × 420	325 × 420	325 × 420	325 × 420	325 × 420	325 × 420	325 × 420	325 × 420
Е	Запасной для манометра	1/2" тр.	1/2" тр.	1/2" тр.	1/2" тр.	1/2" тр.	1/2" тр.	1/2" тр.	1/2" тр.



Фиг. 38. Размещение патрубков и опор воздухооборников завода «Красный Октябрь».

в г. Павшино изготавливает воздухооборники на рабочее давление 8 атм емкостью 1,5; 2; 3; 3,5; 4; 5; 6; 7; 8; 10 и 12 м³.

Основной характеристикой воздухохорборника является его гидравлическая емкость. Емкость воздухохорборника должна соответствовать максимальному количеству свободного воздуха, подаваемого одним компрессором в сеть за одну минуту. Если два компрессора работают на один воздухохорборник, то емкость воздухохорборника должна соответствовать производительности двух компрессоров. Необходимую емкость



Фиг. 39. График для определения емкости воздухохорборника в зависимости от производительности компрессора.

воздухохорборника с достаточной точностью определяют по наиболее распространенной эмпирической формуле

$$V = 1,6 \sqrt{Q_k} \text{ м}^3,$$

где Q_k — максимальная подача воздуха в воздухохорборник, $\text{м}^3/\text{мин}$.

Емкость воздухохорборника в зависимости от производительности компрессора можно определить также по графику (фиг. 39).

В практических условиях обычно ограничиваются применением небольшого числа типовых воздухохорборников, указанных в табл. 15.

Таблица 15

Воздухохорборники, широко применяющиеся на компрессорных станциях

	Емкость воздухохорборника, м^3					
	5	6,5	8	10	16	20
Допустимая производительность компрессора, $\text{м}^3/\text{мин}$. .	до 10	11—17	15—25	20—40	66—100	130

Необходимую емкость воздухохборника нужно определить не только в зависимости от производительности компрессора, но и от характера нагрузки, работы регулирования и емкости сети воздухопроводов.

Когда расход воздуха в сети постоянный или емкость сети может служить аккумулятором воздуха, основное назначение воздухохборника — служить регулятором поступления количества воздуха из компрессора в сеть. В этом случае объем воздухохборника определяется по формуле академика А. П. Германа [12] из условия необходимости поддержания колебания давления в воздухохборнике в определенных пределах, не выходя за принятую величину колебания давления

$$V_{ac} = \frac{kQ_k}{n \delta} M^3,$$

где Q_k — минимальная производительность компрессора по всасываемому воздуху, $M^3/мин$;

n — число оборотов вала компрессора в минуту;

k — коэффициент, равный: для одноступенчатых компрессоров простого действия $k = 0,21$; для одноступенчатых компрессоров двойного действия $k = 0,087$; для двухступенчатых компрессоров простого действия $k = 0,147$; для двухступенчатых компрессоров двойного действия $k = 0,053$;

δ — степень неравномерности давления в воздухохборнике, т. е. отношение разности максимального и минимального давлений в воздухохборнике к среднему:

$$\delta = \frac{P_{max} - P_{min}}{P_{cp}},$$

Степень неравномерности давления рекомендуется принимать в зависимости от производительности компрессора:

$\delta = 0,002 - 0,003$	при производительности до $6 M^3/мин$
$\delta = 0,006 - 0,007$	» от 6 до $30 M^3/мин$
$\delta = 0,004 - 0,005$	» более $30 M^3/мин$

В том случае, когда расход воздуха в сети изменяется не совпадает с производительностью компрессора в течение часа, а регулятор давления, установленный на компрессоре, работает путем переключения компрессора на холостой ход или автоматические устройства часто отключают компрессор от сети, объем воздухохборника определяется по формуле А. С. Ильичева [12]:

$$V_{ac} = \frac{0,25Q_k T_2}{i \Delta p T_1} M^3,$$

где Q_k — часовая производительность компрессора, $M^3/час$;

i — число выключений в час; при регулировании путем ручного переключения компрессора на холостой ход оно принимается равным 60, а при регулировании путем автоматического выключения и включения — равным 10—12;

Δp — разность максимального и минимального давлений в воздухохоборнике, которую можно принимать 0,3—0,5 кг/см²;

T_1 — абсолютная температура воздуха, всасываемого компрессором, °К;

T_2 — абсолютная температура воздуха, поступающего в воздухохоборник, °К.

В случаях значительного несоответствия между расходом воздуха и производительностью компрессорной установки, когда воздухохоборник должен служить не только регулятором давления, но и аккумулятором пневматической энергии, для компенсации в течение определенного времени недостающей производительности компрессора, объем воздухохоборника определяют по формуле А. С. Ильичева:

$$V_{\text{об}} = \frac{Q_{\text{пик}} T_2}{\Delta p T_1} \text{ м}^3,$$

где $Q_{\text{пик}}$ — количество воздуха, расходуемое пневмоприемниками в часы пик за счет аккумулирующей емкости воздухохоборника. Оно определяется планированием заштрихованной площади на графике нагрузки (фиг. 55, гл. IV).

Следует учитывать то, что заниженный объем воздухохоборника вызывает значительный шум и резкие колебания воздуха в нем, а частые переключения компрессора с автоматическим регулятором давления на холостой ход ведут к быстрому износу регулирующего устройства.

Объем воздухохоборника для нестационарного компрессора принимается в 7—10 раз меньше, чем для стационарного.

Высота стационарного воздухохоборника принимается равной

$$H = (2 - 2,7) D,$$

где D — диаметр воздухохоборника.

Воздухохоборник необходимо устанавливать вне помещения, в местах, не опасных для прохожих и персонала компрессорной станции. Территорию, занимаемую воздухохоборником, необходимо ограждать забором. Устанавливать воздухохоборники в помещении можно лишь с разрешения технической инспекции и пожарной охраны. Не разрешается ставить воздухохоборники против окон и дверей помещений.

Воздухохоборник устанавливают на фундаменте за капитальной стеной компрессорной станции на расстоянии не менее 2,5 м от стены здания компрессорной станции до оси воздухохоборника, но не более 25 м от нагнетательного патрубка компрессора. Устанавливать воздухохоборник следует в теневой стороне, на расстоянии не менее 10 м от проезжих дорог.

Для уменьшения нагревания воздухохоборника от солнечных лучей поверхность его нужно окрашивать влагостойкой краской светлого цвета (белый, серый). Над горизонтальным воздухохоборником следует устраивать навес.

При очень низких температурах наружного воздуха и высокой температуре сжатого воздуха, выходящего из компрессорной станции,

поверхность воздухоборников необходимо покрывать термоизоляцией, например торфоплитами. Производить утепление воздухоборника опилками и другими легковоспламеняющимися материалами не разрешается.

В некоторых местностях охлаждение воздухоборников в летнее время осуществляется оросительными устройствами.

Воздухоборники целесообразнее устанавливать вертикально, так как в этом случае они занимают меньшую площадь и в них лучше выделяются из воздуха вода и масло. Горизонтальный воздухоборник должен устанавливаться с уклоном 0,003—0,005 в сторону спускного вентиля.

Спускной вентиль следует соединять с баком или закрытым приемом для выпуска в него воды и масла при продувках воздухоборника. Из бака или приемка масло поступает на регенерацию, а вода — в канализацию.

В тех случаях, когда компрессорная станция располагается поблизости от таких потребителей, как воздушные молоты, можно ограничиться установкой воздухоборника лишь возле компрессорной станции.

Ввод сжатого воздуха в вертикальный воздухоборник нужно осуществлять в среднюю его часть, а вывод — из верхней части, чтобы пары масел, скопляющиеся в верхней части воздухоборника, во избежание образования взрывной смеси непрерывно уносились сжатым воздухом, а осевшие масло и влага не захватывались потоком сжатого воздуха.

При отсутствии конечного охладителя и специального маслораспределителя полное отделение масла в воздухоборнике не происходит из-за высокой температуры сжатого воздуха, выходящего из компрессора, при которой часть масла находится в виде пара.

Воду и масло, скопляющиеся на дне воздухоборников в результате конденсации их паров, нужно выпускать, открывая спускные краны не менее трех раз за смену, а также перед пуском и после остановки компрессора.

На воздухопроводе, между компрессором и воздухоборником, не разрешается устанавливать запорный вентиль, если до него нет предохранительного клапана.

Воздухоборники, не прошедшие гидравлических испытаний, эксплуатировать не разрешается.

Воздухоборник испытывается в следующих случаях: после монтажа при вводе в эксплуатацию; после переделок и ремонта; через 6 лет нормальной работы; при переводе воздухоборника на более высокое рабочее давление; по отдельным предписаниям технической инспекции.

Предприятие должно иметь зарегистрированный в технической инспекции журнал на каждый воздухоборник, в котором должны быть: а) чертеж воздухоборника с технической характеристикой; б) акт освидетельствования и гидравлического испытания; в) расчет воздухоборника на прочность, а также сведения об испытаниях.

ремонтах и авариях воздухохоборника как сосуда, работающего под давлением выше 0,7 *ати*.

Освидетельствование воздушных аккумуляторов должно производиться не реже:

- а) одного раза в год — наружный осмотр;
- б) одного раза в 3 года — внутренний осмотр;
- в) одного раза в 6 лет — гидравлическое испытание.

Для периодического удаления воды, скопляющейся в воздухохоборнике, вместо спускных вентилях или кранов в летнее время рекомендуется устанавливать автоматические водоотводчики в виде конденсационных горшков или автоматических кранов.

Трубопроводы, соединяющие компрессор с воздухохоборниками, должны периодически промываться 5-процентным раствором каустической соды и очищаться. Раствор каустической соды можно употреблять несколько раз. Например, трубопроводы диаметром 200 мм следует промывать свежим раствором 8 час. Вторично для промывки трубопроводов этим же раствором понадобится 10 час. После выпуска раствора каустической соды из труб их необходимо тщательно промыть водой под давлением. Промывка прекращается при отсутствии в воде щелочи, что определяется с помощью фенолфталеиновой бумажки. Промытые трубопроводы должны быть просушены сжатым воздухом.

На компрессорных станциях, вырабатывающих сжатый воздух давлением свыше 8 *ати*, в качестве воздухохоборных емкостей применяются баллоны, соединяемые часто в секции по 3—9 баллонов в каждой.

Необходимая емкость баллонов определяется в зависимости от рабочей часовой производительности компрессора по формуле

$$V_6 = \frac{Q_{раб} 60 \cdot 1000}{P_k} \text{ л,}$$

где $Q_{раб}$ — рабочая производительность компрессора, $м^3/мин$.

P_k — конечное давление воздуха, выходящего из компрессора, $кг/см^2$.

Баллоны размещаются в отдельном помещении при компрессорной станции, если потребители находятся в одном здании со станцией или находятся от нее на расстоянии не более 50 м. В случае значительной отдаленности потребителей от компрессорной станции большая часть из необходимых по расчету баллонов устанавливается при компрессорной станции, а оставшая часть баллонов — в отдельных пристройках, возле потребителей сжатого воздуха.

Помещение, в котором устанавливаются баллоны для хранения воздуха под давлением, должно быть выделено в отдельную одноэтажную пристройку к цеху или компрессорной станции с отдельным входом и иметь легко вскрываемое перекрытие или взрывной люк.

6. УСТАНОВКИ ДЛЯ ОСУШКИ СЖАТОГО ВОЗДУХА

Сжатый воздух, выходящий из компрессора, частично освобождается от воды и масла в конечных охладителях, масловодоотделителях

и воздухоборниках, расположенных в самой компрессорной станции, а также в масловодоотделителях и фильтрах, устанавливаемых обычно перед группой потребителей сжатого воздуха. Но этого бывает недостаточно.

Поэтому в компрессорных станциях, особенно производящих сжатый воздух среднего и высокого давлений (60—300 *атм*), применяются специальные установки для осушки воздуха.

Одним из эффективнейших способов осушки воздуха является адсорбционный способ, при котором применяются вещества, обладающие большой способностью поглощать влагу, так называемые адсорбенты (поглотители влаги).

В зависимости от их агрегатного состояния в процессе поглощения влаги различают:

- 1) твердые адсорбенты, не изменяющиеся от поглощения влаги;
- 2) твердо-жидкие адсорбенты, изменяющие свое состояние от твердой до жидкой фазы, в зависимости от степени насыщения влагой;
- 3) жидкие адсорбенты.

Наиболее широкое применение в компрессорных установках получили твердые адсорбенты.

К твердым адсорбентам относятся: силикагель, алюмогель, феррогель и другие вещества, поглотительная способность которых обусловлена поверхностной конденсацией и капиллярными свойствами адсорбента.

Лучшим адсорбентом является активированный алюминий (алюмогель), содержащий до 92 % окиси алюминия и 8 % различных примесей.

Активная окись алюминия является инертным веществом, не корродирующим аппаратуру; она не ядовита, не растворяется в воде, очень устойчива против истирания и обладает достаточной твердостью. Активная окись алюминия имеет размеры зерен 3—6 *мм* и гравиметрический вес, равный 0,8 *кг/л*; свободный объем между зернами составляет 50 % от объема, занимаемого адсорбентом, коэффициент теплопроводности активной окиси алюминия равен 0,06 *ккал/м·час·град*; удельная теплоемкость ее составляет 0,25 *ккал/кг·град*.

В качестве адсорбента применяют также силикагель, состав которого близок к кварцевому песку.

Алюмогель и силикагель обладают высокой влагопоглотительной способностью, которая создается большой пористой поверхностью поглощения. Гели прочны и экономичны в эксплуатации, легко регенерируются без потери поглотительной способности.

Эффективность адсорбции увеличивается с понижением температуры адсорбента, повышением относительной влажности воздуха и уменьшением размера частиц адсорбента.

При адсорбционной осушке содержание влаги в 1 *м³* воздуха составляет: после силикагеля — около 0,03 *г/м³*, а после алюмогеля — около 0,005 *г/м³*, что отвечает влагосодержанию в воздухе, охлажденного до температуры — 52 и — 64°С соответственно.

В компрессорных станциях среднего и высокого давлений осушка нагнетаемого воздуха осуществляется в стальных баллонах, напол-

ненных адсорбентом. Баллоны устанавливаются после масловодсодделителей, до воздухохранительных емкостей. Воздух, пройдя баллон, наполненный адсорбентом, оставляет в нем частицы влаги и масла, в результате чего выходит относительно сухим и чистым. Адсорбент при этом увлажняется и теряет поглотительную способность. Регенерация, т. е. восстановление адсорбента, производится подогретым воздухом низкого давления (0,3—1,5 *атм*).

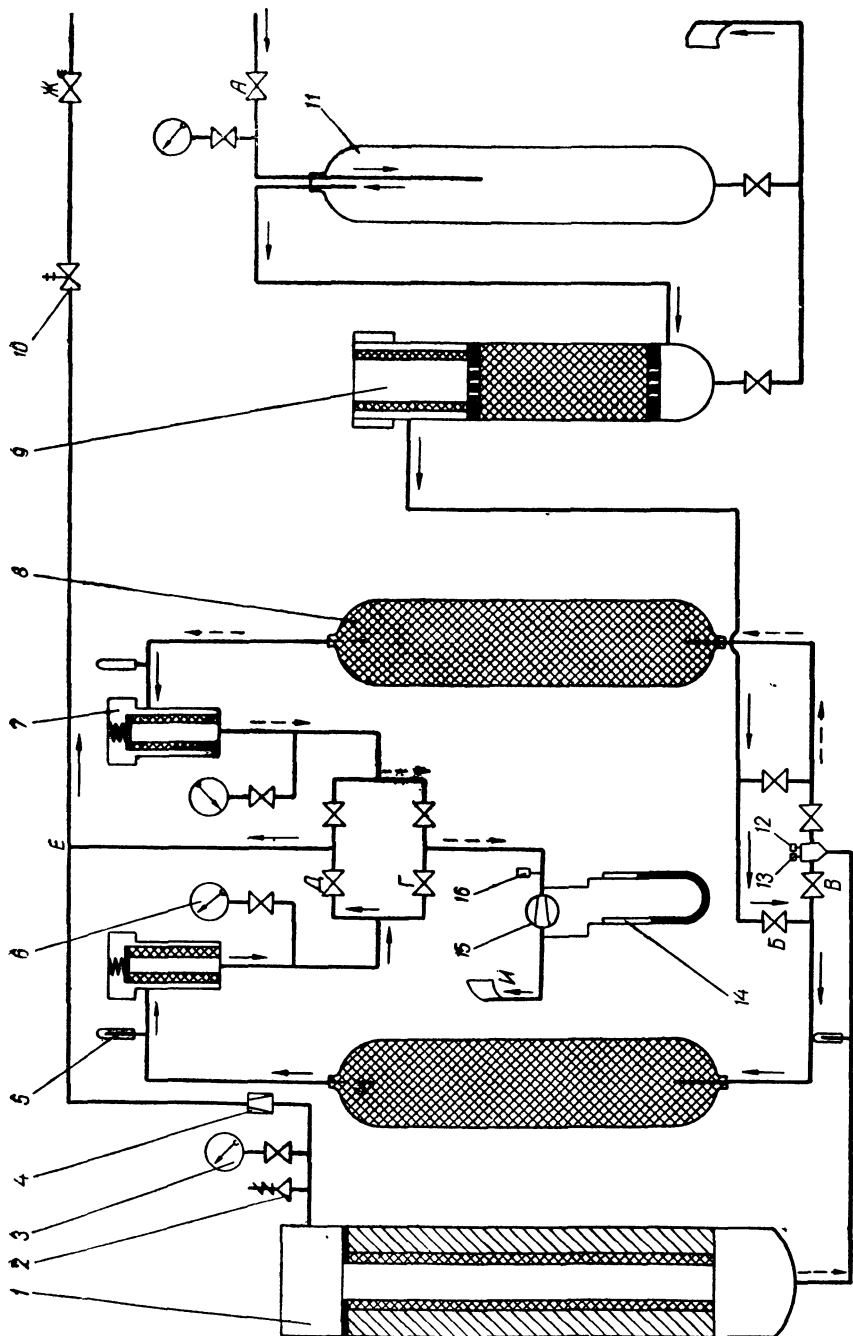
Для осушки воздуха, сжимаемого до давления 150—350 *атм*, рекомендуется применять осушительную установку, работающую по схеме (фиг. 40).

Сжатый воздух через впускной вентиль *A* поступает в водсодделитель *11* и маслоотделитель *9*, затем через открытый вентиль *B* направляется в один из двух баллонов с адсорбентом *8* (на схеме показано направление сплошной стрелкой в левый баллон), откуда через керамиковый или войлочный фильтр *7* и вентили *D* и *Ж* уже осушенный направляется к воздухохранительным емкостям, затем в пневмосеть или на наполнительную рампу. В то время как сжатый воздух проходит осушку в одном из баллонов *8*, в другом баллоне (на схеме в правом) производится регенерация (восстановление) адсорбента с помощью подогретого воздуха. Для регенерации адсорбента часть воздуха, идущего в пневмосеть, отбирается в точке *E* и редуцируется с помощью редуктора *4* до давления 0,35—0,7 *атм*; затем воздух подогревается в электроподогревателе *1* до температуры 260°С, из которого поступает в регенерируемый баллон с адсорбентом *8*. Отняв у адсорбента влагу, теплый воздух проходит через фильтр *7*, оставляя на нем частицы уносимого с собой адсорбента. Из фильтра влажный воздух, пройдя правый вентиль *Г* и диафрагму *15*, выпускается в атмосферу через патрубок *И*. Масло, попадающее случайно в осушительный баллон при регенерации адсорбента, выгорает при температуре 220—240°С.

Регулирование температуры подогреваемого воздуха производится автоматически с помощью терморегуляторов *12* и *13* типа ТС-300. Количество греющего воздуха определяется по дифманометру *14*. Перепад давления должен составлять 70—80 *мм* рт. ст. Контроль температуры до и после осушителей осуществляется дистанционными термометрами *5*, контроль давления — манометрами *6* и *3*. Постоянство давления в осушительных установках и сети осуществляется с помощью клапана *10*.

Один терморегулятор ТС-300 должен быть отрегулирован так, чтобы выключалась одна секция электроподогревателя при достижении температуры +270°С и включалась при температуре +260°С. Другой терморегулятор ТС-300 должен быть отрегулирован так, чтобы электроподогреватель выключался полностью при температуре +290°С и включался при температуре +260°С.

Терморегулятор ТС-300 (*16*) должен быть отрегулирован так, чтобы при температуре воздуха, выходящего из адсорбера в конце регенерации +80°С, электроподогреватель выключался полностью. Вместо терморегуляторов ТС-300 можно применять милливольметр пара-



Фиг. 40. Схема установки для осушки воздуха адсорбентом:

1—электроподогреватель; 2—предохранительный клапан; 3 и 6—манометры; 4—редуктор (просеивающий вентиль); 5—термометр; 7—кран; 8—манометр; 9—баллон для осушки; 10—регулятор давления; 11—регулирующий вентиль; 12—регулятор давления; 13—кран; 14—панель управления; 15—манометр; 16—кран.

тегрического регулирующего типа МРШПр-54. Градуировка ХК-400°С.
Диаметр электрода 0,5 мм.

Вместо дистанционных термометров 5 допускается применение ртутных технических термометров с пределом измерения 0—300°С, типа Ж-1-2, ГОСТ 2823-45.

Краткие технические данные установки для осушки и обезжиривания воздуха высокого давления, разработанной на заводе им. Кирова:

1. Количество осушаемого воздуха 1200 м³/час.
2. Давление воздуха, входящего на очистку, 220 *атм.*
3. Температура воздуха на входе в адсорбер +10°С.
4. Температура воздуха, поступающего на регенерацию (перед электроподогревателем) +25°С.
5. Давление воздуха в электроподогревателе 0,7 *атм.*
6. Температура воздуха, выходящего из адсорбера (в конце регенерации), +80°С.
7. Расход воздуха на регенерацию ~ 30 м³/час.
8. Температура воздуха на входе в адсорбер при регенерации +260 ÷ 290°С.
9. Мощность электроподогревателя 6 *квт.*

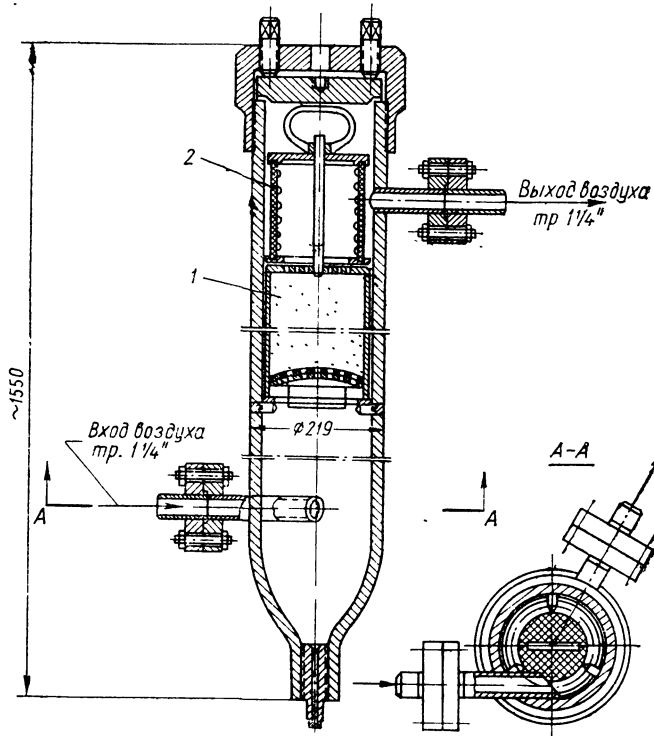
Рассмотрим конструкцию отдельных элементов схемы осушительной установки. Водоотделитель изготавливается из баллона, имеет патрубок входа и выхода воздуха, а также патрубок для продувки (выпуска конденсата).

На фиг. 41 изображен масловодоотделитель, заполненный активным глиноземом (алюмогелем). В верхней части масловодоотделителя помещен фильтрующий керамический стакан, служащий для улавливания частиц адсорбента, уносимых потоком воздуха. Основная часть паров масла и воды поглощается адсорбентом, а скопившиеся в нижней части баллона масловодоотделителя влага и масло удаляются через продувной вентиль в специальный бак или в атмосферу. Продувка должна осуществляться не реже одного раза в час. Замена глинозема производится через 1,5—2 мес. работы установки.

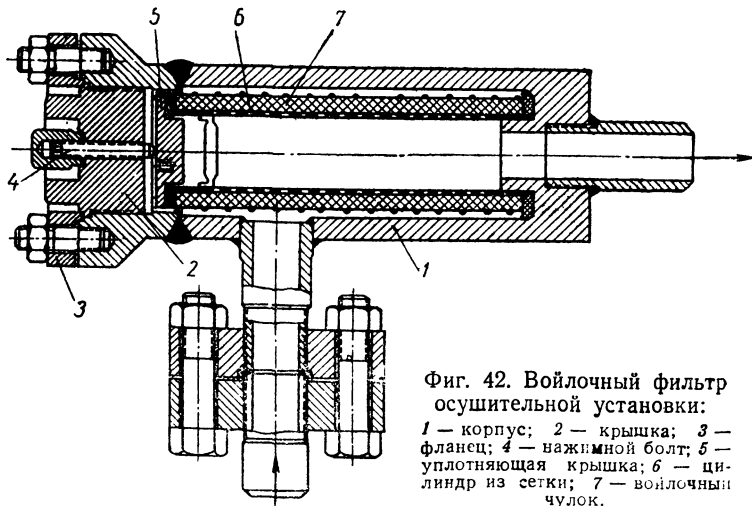
Осушительные баллоны также заполняются активным глиноземом, поглощающим водяные пары из воздуха. Диаметр осушительного баллона принимается исходя из выбранного адсорбента и скорости потока. Так, диаметр баллона, заполненного силикагелем, рассчитывается на прохождение 0,5 л/мин сжатого воздуха через 1 см² площади поперечного сечения баллона. В случае применения алюмогеля диаметр баллона следует рассчитывать на прохождение 0,2 л/мин через 1 см² площади баллона.

Войлочный фильтр (фиг. 42) представляет собой сосуд высокого давления с заключенным в нем войлочным чулком. По мере забивания его фильтрующей поверхности войлочный чулок заменяется новым. В больших и ответственных компрессорных станциях применяют по два блока осушки сжатого воздуха на каждой компрессорной установке с целью бесперебойной подачи потребителям осушенного воздуха.

Два блока осушки воздуха работают попеременно: в то время как через один или сразу через два баллона одного блока проходит воздух,



Фиг. 41. Масловодоотделитель осушительной установки:
 1 — корзинка с адсорбентом; 2 — керамический фильтр.



Фиг. 42. Войлочный фильтр осушительной установки:
 1 — корпус; 2 — крышка; 3 — фланец; 4 — зажимной болт; 5 — уплотняющая крышка; 6 — цилиндр из сетки; 7 — войлочный чулок.

в двух баллонах другого блока производится регенерация адсорбента сухим горячим воздухом низкого давления. Переключение баллонов с адсорбции на регенерацию производится соответствующими вентилями.

В этой части можно с успехом применить автоматику. Манометры, указывающие давление в баллонах, размещаются обычно на фильтрах и на щите приборов давления.

В процессе эксплуатации осушительной установки (фиг. 40 и 43, а, б) необходимо следить за тем, чтобы предохранительный клапан низкого давления был отрегулирован на давление 1 *атм*, а перепад давлений, показываемый дифманометром, был 70—100 мм рт. ст.

К обслуживанию осушительной установки допускаются работники, ознакомленные с инструкцией, специально составленной для данной установки.

При отключении установки на продолжительное время все вентили должны быть плотно закрыты. Во время эксплуатации установки ведется журнал, в котором записываются очередность работы блока и регенерации адсорбента блоков осушки. Пускать в работу после продолжительной остановки следует тот блок, который последним регенерировался. Для того чтобы произвести первый пуск или пуск осушительной установки после продолжительного перерыва, требуется тщательно обезжирить и продуть паром все полости и трубопроводы, находящиеся под высоким воздушным давлением. Однако следует не забывать, что испытание давлением и обезжиривание производятся до загрузки осушительных баллонов и масловодоотделителей активной окисью алюминия и при вынутых керамических фильтрах из корпусов масловодоотделителей.

Переключение блоков осушки с одного на другой необходимо производить медленно, следя за плавным понижением и повышением давления в адсорберах.

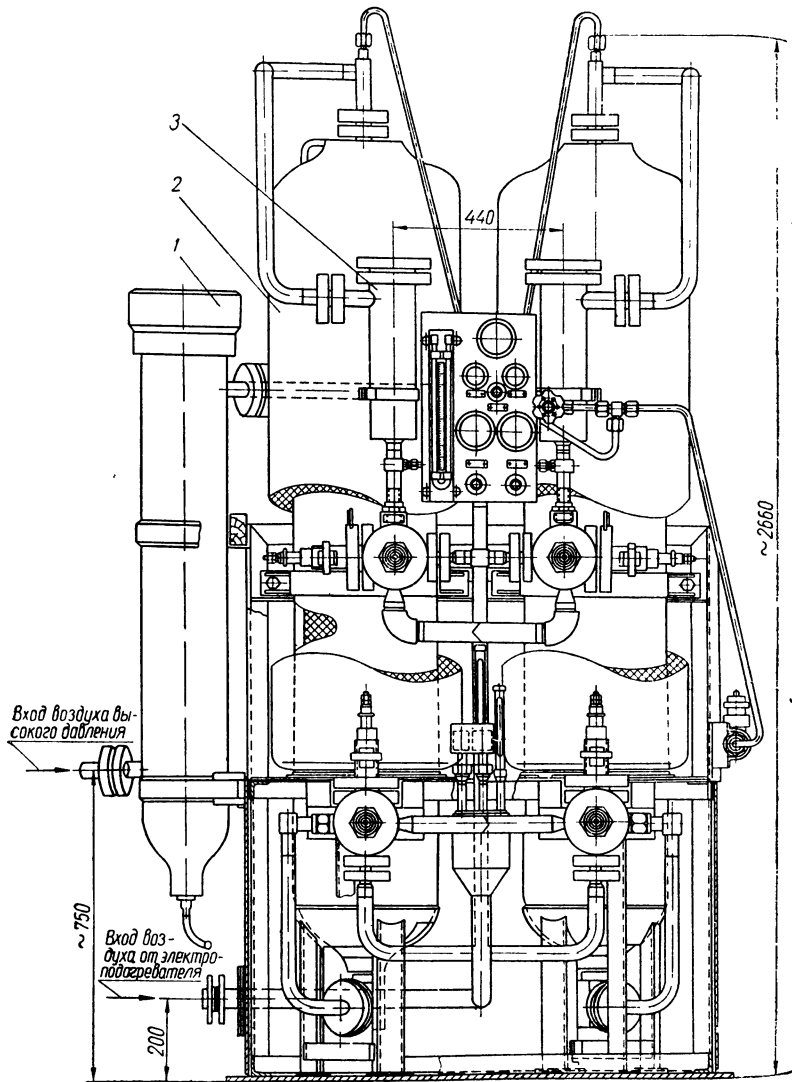
Резкое снижение или повышение давления в аппарате может привести к воздушному удару с нежелательными последствиями.

Необходимо, чтобы в процессе эксплуатации осушительной установки обеспечивалось абсолютно плотное закрытие вентилей во избежание попадания воздуха высокого давления в линию регенерации адсорбента.

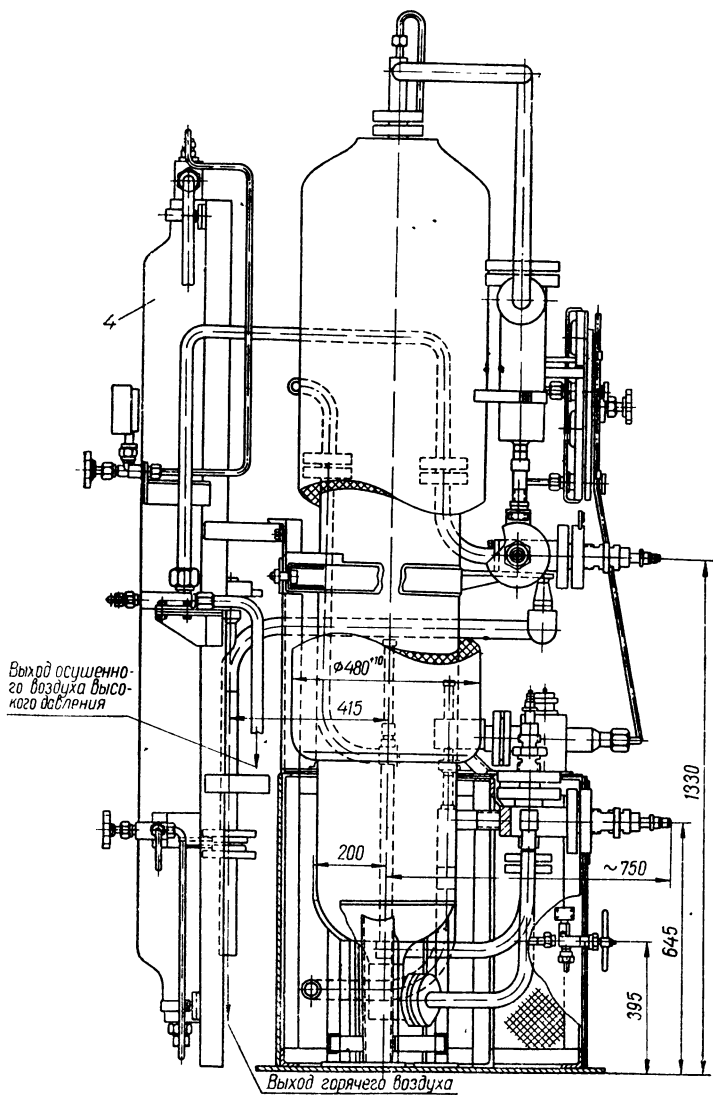
Переключение адсорберов с осушки воздуха на регенерацию адсорбента производится через 8—12 час. непрерывной работы компрессора на один баллон.

Переключение осушительных баллонов одной установки или блоков двух подобных установок с осушки на регенерацию должно осуществляться в последовательности, предусмотренной специальной инструкцией. Инструкция составляется организацией, разрабатывающей подобную осушительную установку.

На фиг. 44 приведена схема другой установки для осушки воздуха. Установка состоит из масловодоотделителя 1, масляного фильтра 2, трех осушительных баллонов 3, 4, 5 и электроподогревателя 6. Осушительные баллоны работают в две ступени: первая состоит из двух



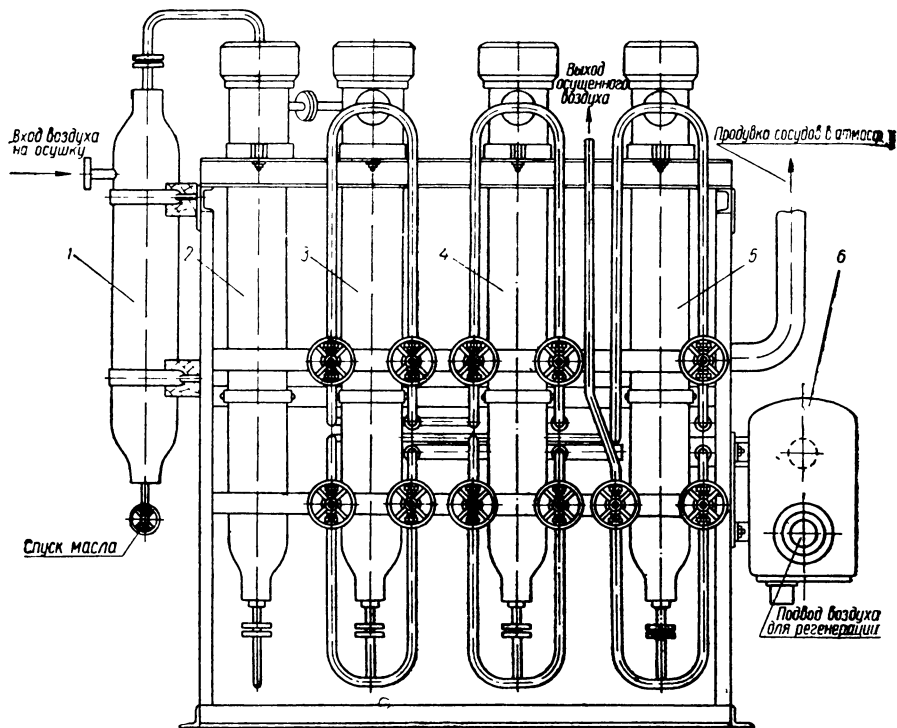
Фиг. 43. Установка для осушки
 1 — масловодоотделитель; 2 — баллон
 вый фильтр;



Сжатого воздуха с двумя баллонами:
 для осушки воздуха; 3 — керамико-
 4 — водоотделитель.

переменно работающих баллонов 3 и 5, заполненных силикагелем, и второй ступени, состоящей из баллона 4, заполненного алюмогелем.

Применение различных поглотителей дает наиболее надежную работу установки. Баллоны осушительной установки обычно монтируются на общей раме и оборудуются всеми необходимыми трубопроводами и запорной арматурой. Целесообразно осушительную установку заключать в теплоизолирующий кожух.



Фиг. 44. Общий вид установки для осушки воздуха высокого давления:

1 — маслоседелитель с фильтрующей насадкой или адсорбентом; 2 — фильтр войлочный; 3 и 5 — осушительные баллоны с силикагелем; 4 — осушительный баллон с алюмогелем; 6 — электроподогреватель.

Большой опыт в области осушки воздуха имеют ВНИИКИМАШ, НИИХиммаш и другие организации Главкислорода.

Конструкции и работы установок для осушки воздуха частично описаны в литературе [6].

В конструкторском бюро нефтяной промышленности разработаны чертежи автоматических установок для осушки сжатого воздуха марок УОВ-10; УОВ-20; УОВ-30 (табл. 16).

Каждая установка обеспечивает очистку воздуха от частиц масла и воды до точки росы минус 40°C . Она состоит из блока автоматической осушки сжатого воздуха, теплообменника и маслоотделителя. В состав блока автоматической осушки воздуха входят: 2 осушительные башни,

Основные технические данные установок для осушки сжатого воздуха...

Тип установки	Пропускная способность установки, м ³ /мин	Количество воды для охлаждения, м ³ /час	Количество воздуха для регенерации, м ³ /мин	Количество силикагеля для загрузки башен, кг	Потребляемая мощность, квт	Габаритные размеры, мм
УОВ-10	10	4	2	160	12—15	3240×840× ×2150
УОВ-20	20	7,5	4	350	24—30	3710×1050× ×2700
УОВ-30	30	11	6	500	38—46	4340×1250× ×2840

воздухоподогреватель, 2 четырехходовых крана-переключателя, поршневой пневмопривод, блок пневматических усилителей, 5 мембранных запорных клапанов с ручным управлением МЗКР, щит управления и автоматики и обвязка — воздушные и водяные коммуникации.

Для охлаждения воздуха до температуры не выше 20°С теплообменник питается водой с соответствующими значениями температуры и расхода. В качестве адсорбента (поглотителя влаги) для осушки воздуха в башнях служит силикагель (может применяться также алюмогель).

Каждая башня после переключения работает по следующему циклу: осушка воздуха — 8 час.; переключение, регенерация силикагеля — 3 часа; охлаждение силикагеля — 5 час.; переключение и т. д.

Установка оснащена щитом с приборами контроля и автоматического управления, которые обеспечивают поддержание необходимых значений параметров и периодичность переключений.

Для подогрева воздуха используется переменный электрический ток — 50 гц, напряжением 380 в. Давление сжатого воздуха на приеме в установку должно быть 8—9 кг/см²; температура сжатого воздуха на входе в осушительную башню должна быть не выше 20°, а на выходе — не выше 30°.

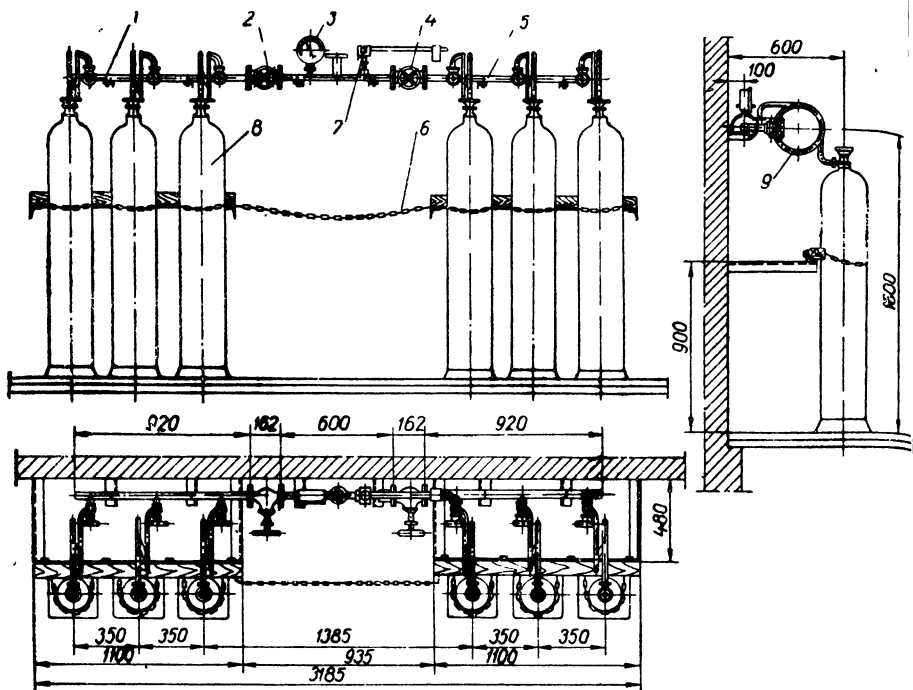
7. НАПОЛНИТЕЛЬНЫЕ РАМПЫ

Не всегда сжатый воздух транспортируется от компрессорной станции до объекта потребления по трубопроводам. В ряде случаев возникает необходимость наполнять сжатым воздухом баллоны и в баллонах подавать его потребителям.

Для наполнения баллонов сжатым воздухом в здании компрессорной станции выделяют помещение, называемое отделением наполнения баллонов. В таком помещении устанавливается наполнительная рампа, общий вид которой приведен на фиг. 45. Рампа состоит из двух стальных коллекторов 1 и 5, работающих попеременно. Каждый коллектор рассчитан на одновременное наполнение трех баллонов сжатым воздухом. В то время как на одном из коллекторов происходит наполнение баллонов, на другом коллекторе производится подключение порожних баллонов и подготовка их к наполнению. Баллоны, наполняе-

мые воздухом, должны быть прочно укреплены и плотно присоединены к наполнительной рампе.

Рампа с баллонами должна находиться на расстоянии не менее 1 м от радиаторов отопления и других отопительных приборов.



Фиг. 45. Рампа для наполнения баллонов сжатым воздухом:

1 и 5 — трубы-коллекторы; 2 и 4 — вентили; 3 — манометр; 6 — цепь; 7 — предохранительный клапан; 8 — баллоны; 9 — трубка-змеевик.

Наружная поверхность эксплуатируемых баллонов должна быть окрашена в черный цвет масляной, эмалевой или нитрокраской. На баллонах должны быть надписи белым цветом «Сжатый воздух».

Эксплуатация баллонов должна вестись с соблюдением «Правил устройства, обслуживания и освидетельствования баллонов» [37].

Глава III

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ

1. НАЗНАЧЕНИЕ СХЕМ И РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ИХ СОСТАВЛЕНИЮ

Существует два вида технологических схем: принципиальные и монтажные. Схема, показывающая принцип работы компрессорной установки или компрессорной станции с целью графического изображения процесса получения сжатого воздуха, называется *принципиальной схемой*. Примером простейшей принципиальной схемы компрессорной

станции может служить схема, приведенная на фиг. 20 (гл. II). Простейшая принципиальная схема представляет собой эскиз или чертеж, на котором условно изображено только основное и вспомогательное оборудование, связанное между собой трубопроводами. Более полная принципиальная технологическая схема, кроме оборудования, содержит основную арматуру, приборы и т. п. На принципиальных схемах не указывают подробности, затрудняющие понимание принципа работы установки или станции. Принципиальные схемы выполняются не в масштабе, но с соблюдением относительных пропорций между оборудованием, арматурой и приборами.

Элементы принципиальной схемы изображаются графическими знаками, условно обозначающими назначение процессов, происходящих в этих элементах, или выполняемую ими функцию.

На принципиальных схемах не показываются способы присоединения трубопроводов к арматуре и оборудованию, а также способы крепления оборудования к стенам и другим конструкциям здания. На них не всегда показываются места размещения всех элементов схемы производства сжатого воздуха, и вовсе не указываются привязочные размеры между оборудованием и другими элементами схемы.

На принципиальных схемах оборудование, арматуру, приборы и трубопроводы располагают, не придерживаясь фактического расположения в помещениях компрессорной станции.

Как правило, на принципиальных схемах все оборудование изображают в одной плоскости, принятой для данной схемы. Например, если компрессор на такой схеме изображают в плане, т. е. в горизонтальной плоскости, то все другое оборудование тоже должно быть изображено в плане. Нагляднее и значительно лучше выглядит принципиальная схема, на которой оборудование изображено в вертикальной плоскости.

Желательно на принципиальных схемах указывать места установки контрольно-измерительных и регулирующих приборов, кроме случаев, когда требуется разработка отдельных схем контроля и автоматики.

Электродвигатели, приводящие в действие компрессоры, насосы, задвижки и т. п., показываются на схемах только в тех случаях, когда это требуется характером схемы.

Оборудование, изображаемое на схемах условно, и арматура, назначение которой упоминается в тексте, прилагаемом к схеме, нумеруются или поясняются надписями.

Часто повторяющиеся трубопроводы, арматура, приборы и т. п., детали схемы, имеющие одинаковое назначение, не нумеруются, а изображаются условными обозначениями, пояснение которых приводится в отдельной таблице, рядом со схемой (см. приложение III).

В зависимости от требований, предъявляемых к принципиальной схеме, на ней могут быть изображены часть или все основные коммуникации. В этих случаях схема будет называться коммуникационной. Целесообразно в проектах компрессорных станций на принципиальных технологических схемах воздухопроводов приводить также схемы водоснабжения и централизованной системы смазки, если таксвая

имеет место. В условиях эксплуатации удобнее пользоваться разделными схемами трубопроводов.

Направление движения среды на принципиальных схемах желательно указывать тонкими стрелками, которые следует проставлять справа или снизу трубопроводов, а не на линиях трубопроводов.

В принципиальных схемах оборудование следует изображать тонкими линиями, а трубопроводы — усиленными.

На принципиальных схемах допускаются короткие поясняющие надписи, например, указывающие, откуда происходит всасывание воздуха, место установки масловодоотделителя и т. п., а также основные указания, относящиеся к процессу производства или к технической документации.

Схема, составленная для облегчения монтажа и эксплуатации компрессорных установок, а также для облегчения обнаружения повреждений и устранения неполадок, называется *монтажной схемой*. В отличие от принципиальной схемы монтажная схема представляет собой чертеж, показывающий места соединений трубопроводов с компрессорами, вспомогательным оборудованием, приборами и арматурой соответственно действительному расположению оборудования и трубопроводов в компрессорной станции. На монтажных схемах, как и на принципиальных, элементы схемы (приборы, арматура и трубопроводы) изображаются условными обозначениями и обязательно нумеруются. Оборудование можно изображать в изометрии, в одной плоскости или условными обозначениями. Пояснения пронумерованных позиций даются в подробной спецификации оборудования, приборов, арматуры и трубопроводов. Рядом со схемой, на свободном месте листа, помещаются условные обозначения трубопроводов, арматуры, контрольно-измерительных приборов, а также часто повторяющихся аппаратов и оборудования. На монтажных схемах трубопроводов указываются размеры труб (наружный диаметр и толщина стенки), например $T_p 57 \times 3,5$ или $\varnothing 2''$. Иногда на трубопроводах указывают расходы воздуха в единицу времени. Трубопроводы разных давлений указываются различными условными обозначениями.

На монтажных схемах не обязательно указывать направления движения транспортируемой среды (воздуха, воды или масла), но над трубопроводами значком i со стрелкой следует указывать величину и направление уклона трубопровода. У обратных клапанов и расходомеров на схеме нужно обязательно указывать направление движения транспортируемой среды. Монтажные схемы желательно выполнять в масштабе, в изометрии. В несложных установках они могут быть выполнены в одной плоскости без соблюдения масштаба. На монтажных схемах элементы схемы отражают в первую очередь назначение изображаемого и по мере возможности происходящий в нем процесс, но не конструктивные типы и особенности частей и элементов. Нипельные, фланцевые и муфтовые соединения должны быть показаны условными обозначениями и расшифрованы. Способы сварки (газовая или электрическая) и крепления трубопроводов, а также прокладки их внутри или вне помещений компрессорных станций должны пояс-

няться текстом на схемах или даваться в виде отдельных технических условий.

С целью сокращения технической документации для несложной компрессорной станции рекомендуется совмещать монтажную и принципиальную схемы, выполняя такую схему на одном листе без масштаба. Для малых и средних компрессорных станций монтажные или так называемые пространственные схемы воздухопроводов можно не выполнять.

Все схемы должны выполняться четко, с соблюдением требований государственных стандартов, а также правил по оформлению чертежей и другой технической документации.

2 ТИПИЧНЫЕ ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК

Схема компрессорной установки в основном зависит от типа принятого компрессора.

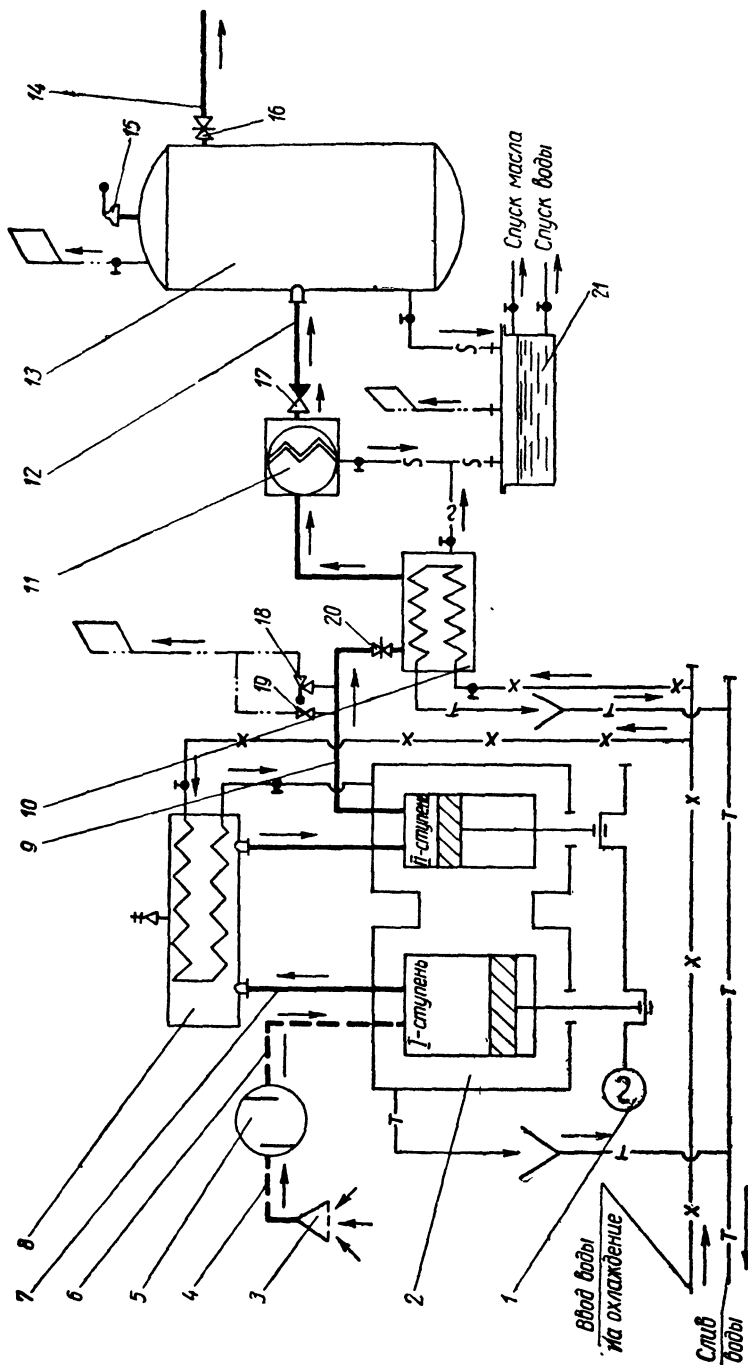
На фиг. 46 приведена принципиальная технологическая схема компрессорной установки с поршневым двухступенчатым компрессором. При запуске компрессора 2 атмосферный воздух входит в приемник 3 и по воздухопроводу 4 попадает в фильтр 5, где очищается от механических примесей и паров воды. Затем по всасывающему трубопроводу 6 воздух поступает в первую ступень компрессора, из которой по промежуточному трубопроводу 7 нагнетается в межтрубное пространство промежуточного охладителя 8. Из промежуточного охладителя воздух всасывается второй ступенью компрессора, из которого по нагнетательному трубопроводу 9 подается в межтрубное пространство конечного охладителя 10. Охлажденный воздух проходит масловодоотделитель 11 и поступает в воздухохраник 13, из которого по магистральному трубопроводу 14 подается в пневмосеть предприятия.

В схеме поршневой компрессорной установки обязательно должны быть: фильтр 5, масловодоотделитель 11, предохранительные клапаны 15 и 18, запорные задвижки 20 и 16, обратный клапан 17 и разгрузочный вентиль 19.

В многоступенчатых компрессорах после каждой ступени сжатия устанавливается промежуточный охладитель.

Размещение на схеме запорных органов зависит от типа и количества принятого основного и вспомогательного оборудования и от выбранной схемы производства сжатого воздуха. Установка запорной арматуры на нагнетательной линии между компрессором и ближайшим по ходу сжатого воздуха предохранительным клапаном не допускается.

Пусковой разгрузочный вентиль 19 и запорная задвижка 20 предназначены для облегчения запуска поршневого компрессора. При пуске компрессора пусковой разгрузочный вентиль 19 открыт, а задвижка 20 закрыта, при этом электродвигатель развивает обороты без нагрузки. Как только число оборотов электродвигателя достигает

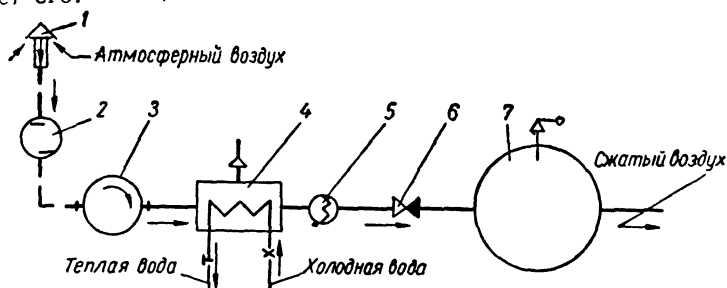


Фиг. 46. Принципиальная технологическая схема компрессорной установки с поршневым воздушным двухступенчатым компрессором:

1 — электродвигатель; 2 — компрессор; 3 — приемник атмосферного воздуха; 4 — приемный воздухопровод; 5 — фильтр; 6 — всасывающий воздухопровод; 7 — промежуточный трубопровод сжатого воздуха; 8 — промежуточный охладитель; 9 и 12 — нагреватель воздуха; 10 — конечный охладитель воздуха; 11 — маслоотделитель; 13 — воздухообразник; 14 — магистральный воздухопровод; 15 — воздушный клапан; 16 — воздушный клапан; 17 — воздушный клапан; 18 — воздушный клапан; 19 — воздушный клапан; 20 — воздушный клапан; 21 — воздушный клапан.

нормальной величины, задвижку 20 постепенно открывают, одновременно закрывая вентиль 19.

Если применить вместо обратного клапана 17 обычной конструкции (без поршневых замедлителей) обратный клапан периодического действия, то задвижку 20 можно не ставить, так как при пуске компрессора и открытом вентиле 19 обратный клапан закрыт, находясь под давлением сжатого воздуха в воздухохранильнике 13. Когда компрессор набирает рабочее число оборотов и машинист закрывает разгрузочный вентиль 19, сжатый воздух из компрессора поступает под клапан и открывает его.



Фиг. 47. Принципиальная схема компрессорной установки с ротационным компрессором:

1 — приемник атмосферного воздуха; 2 — фильтр; 3 — ротационный компрессор; 4 — конечный охладитель; 5 — маслоотделитель; 6 — обратный клапан; 7 — воздухохранильник.

Принципиальная схема компрессорной установки с ротационным компрессором (фиг. 47) такая же, как и для установки с поршневым компрессором. За ротационным компрессором на нагнетательном воздухопроводе необходимо устанавливать обратный клапан, так как во время работы регулятора давления или при случайном прекращении подачи электроэнергии компрессор будет вращаться в обратную сторону под действием сжатого воздуха, находящегося в сети, что может привести к аварии.

В технологической схеме компрессорной установки с турбокомпрессором (фиг. 48) отсутствует маслоотделитель, так как воздух, сжимаемый в турбокомпрессоре, не соприкасается с маслом и не содержит частиц масла. Для турбокомпрессорной установки воздухохранильник также не всегда требуется, так как турбокомпрессор в известных пределах характеристики саморегулируется: при снижении расхода сжатого воздуха и повышении давления в сети уменьшаются количество засасываемого воздуха и его подача в пневмосеть. Пиковые нагрузки на компрессорную станцию восполняются за счет аккумулирующей способности воздухопроводов, имеющих большую емкость.

Атмосферный воздух засасывается через воздухоприемник 1, устраиваемый в виде приемной шахты с жалюзи, так как турбокомпрессоры всасывают большие количества воздуха. Затем воздух проходит через фильтр 2, располагающийся обычно в бетонной камере под турбокомпрессором.