

## ЛК - 14

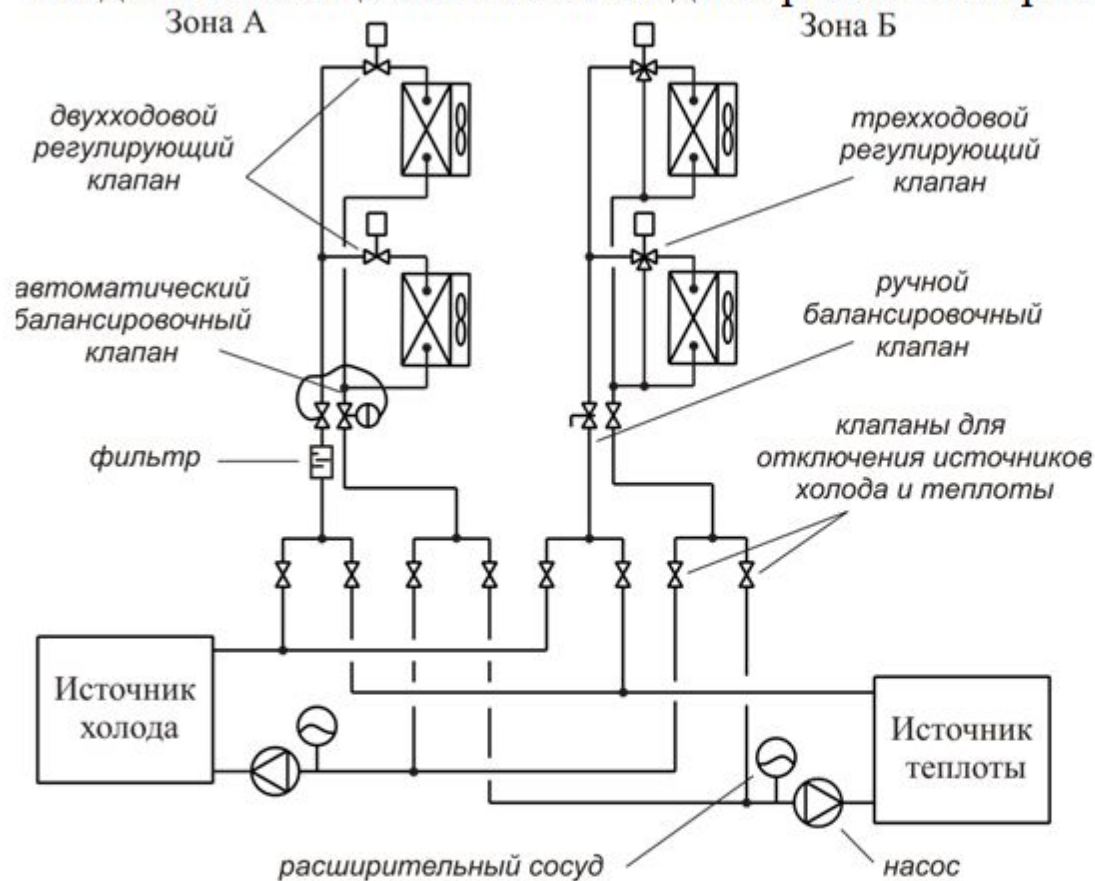
Системы тепло- и холодоснабжения для СКВ.

### Схемы систем тепло- и холодоснабжения для СКВ

Системы холодо- и теплоснабжения могут быть открытыми и закрытыми. В настоящее время чаще применяются закрытые системы, в них нет разрыва водяного потока, и следовательно, нет затрат давления на поднятие жидкости; в контур циркуляции не попадает кислород воздуха, поэтому меньше внутренняя коррозия трубопроводов и аппаратов.

Холодо- и теплоснабжение ЭКД или ВКД (фэнкойлов) может осуществляться по двухтрубным, трехтрубным и четырехтрубным схемам.

Двухтрубные системы обеспечивают снабжение всех ЭКД или ВКД либо холодной водой, либо горячей водой. Такие системы удобны в тех случаях, когда все помещения имеют сходные режимы потребления холода и теплоты.



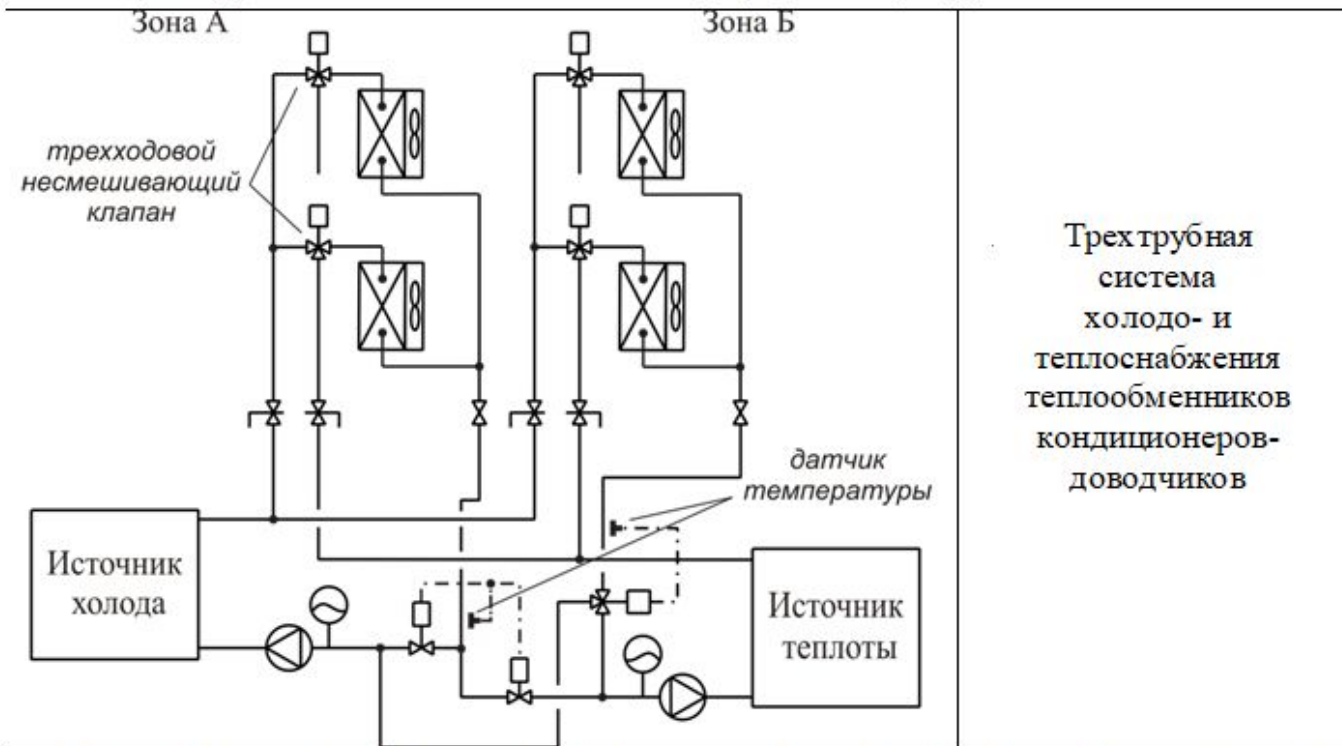
Двухтрубная система холодо- и теплоснабжения. Условно показаны варианты систем с двухходовыми и трехходовыми регулирующими клапанами

Часто можно выделить группы помещений со схожими режимами потребления холода и тепла – такие группы помещений располагаются по одному фасаду здания. Двухтрубная система становится более гибкой, если предусматривается пофасадное включение потребления холода или тепла.

В тех случаях, когда режимы потребления холода и тепла не совпадают, применяются трехтрубные и четырехтрубные системы.

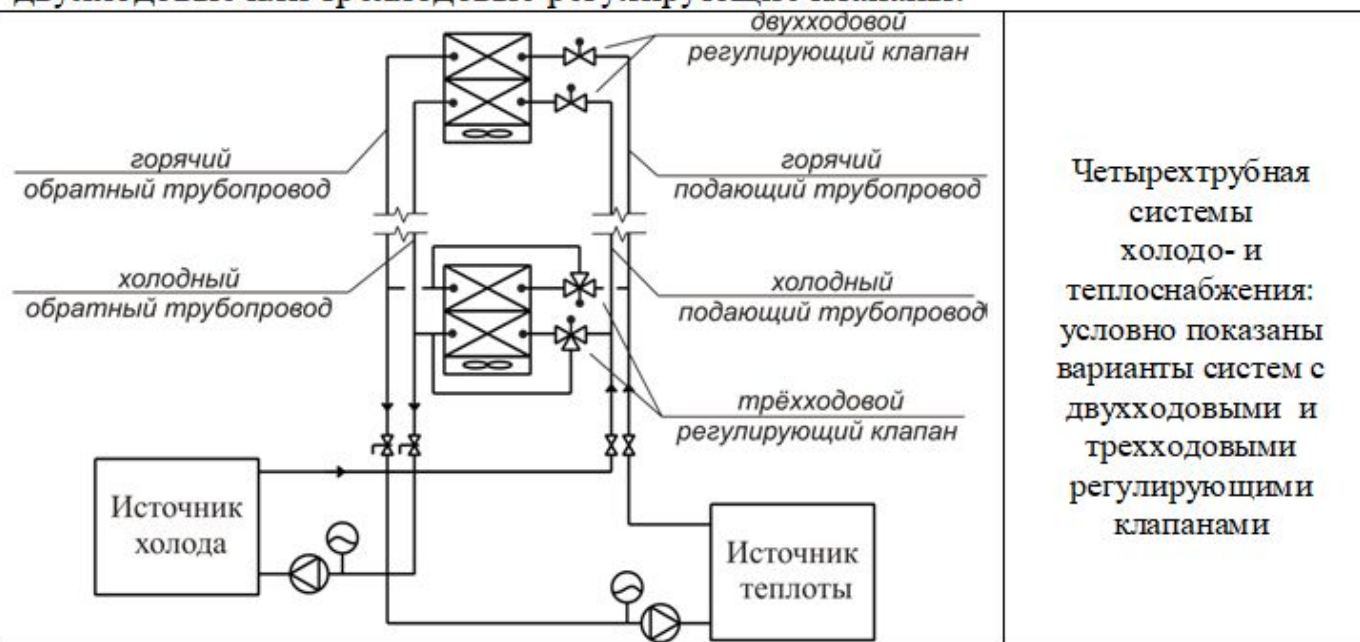
В трехтрубных системах также используются ЭКД или ВКД с одним теплообменником. Теплообменники присоединяются к чиллеру и источнику тепла двумя отдельными подающими трубопроводами через трехходовые несмешивающие клапаны и общим обратным трубопроводом. Подавая в отдельные теплообменники холодную или горячую воду можно одновременно охлаждать помещения с теплоизбытками и обогревать помещения с дефицитом тепла, что часто нужно при переходных условиях.

Трехтрубная система сложнее, дороже двухтрубной. Ее недостатком



является то, что в обратной трубе при смешивании теряется тепло и холод, повышается нагрузка на чиллер и источник тепла, снижается экономичность.

Четырехтрубная схема наиболее дорогая, но в то же время наиболее совершенная, обеспечивающая одновременно и охлаждение и нагревание тех помещений, где это требуется. Кондиционеры-доводчики, имеющие два теплообменника, всегда присоединяются по четырехтрубной схеме. В системе имеются два независимых контура циркуляции, отдельно для холодной и горячей воды. На каждом трубопроводе устанавливаются двухходовые или трехходовые регулирующие клапаны.



Известна и однотрубная система холодоснабжения, но в настоящее время в современных зданиях обычно применяются двухтрубные и четырехтрубные системы.

По направлению движения тепло-холодоносителя системы могут быть тупиковыми или с попутным движением. Последние применяются при протяженных ветвях, в них легче увязываются потери давления по отдельным циркуляционным кольцам.

## Чиллер, основные типы чиллеров

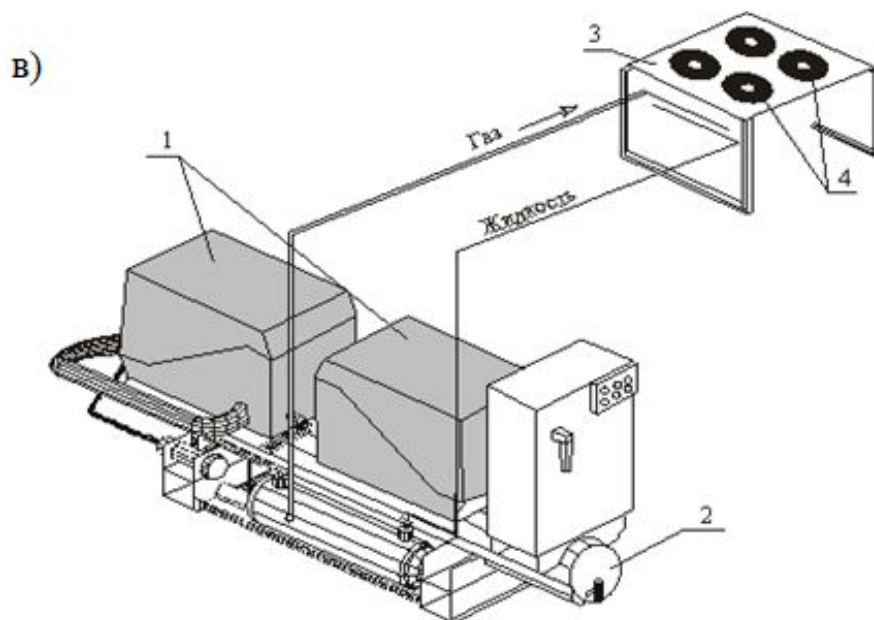
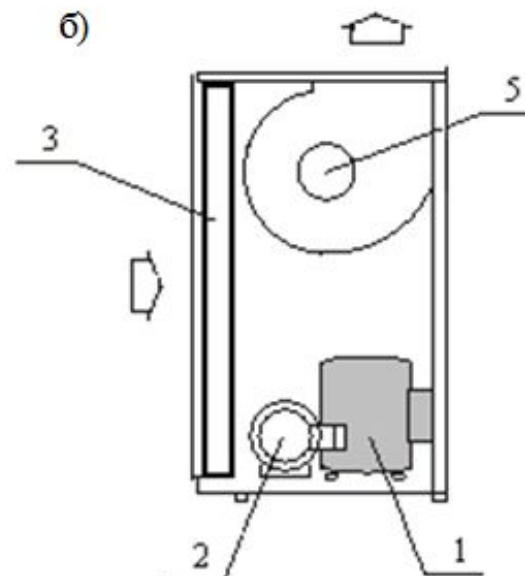
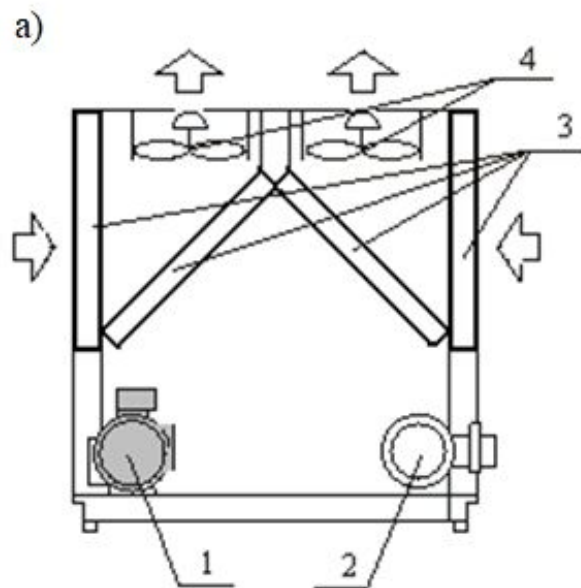
Чиллер – это водоохлаждающая холодильная машина. Основными частями чиллера являются: компрессор, конденсатор, дросселирующее устройство (регулятор потока) и водяной испаритель.



Основные разновидности чиллеров (с сокращением)

Чиллеры можно разделить на две группы: с воздушным охлаждением конденсатора и с водяным охлаждением конденсатора. В первую группу входят моноблочные чиллеры и чиллеры с выносным конденсатором.

У последних конденсатор выполнен в виде отдельного устройства, соединенного с основным блоком чиллера только медными трубками для прохода газообразного и жидкого фреона.



Чиллеры с  
воздушным охлаждением  
конденсатора:  
а – чиллер с осевыми  
вентиляторами; б – чиллер  
с центробежным  
вентилятором; в – чиллер  
с выносным  
конденсатором  
Основные элементы: 1 –  
компрессор; 2 –  
испаритель; 3 –  
конденсатор; 4 – осевой  
вентилятор; 5 –  
центробежный вентилятор

Моноблочные чиллеры: с осевым вентилятором для обдува конденсатора и с центробежным вентилятором.

Чиллер с осевым вентилятором устанавливается снаружи: на кровле здания или во дворе. В холодный период года вода из такого чиллера должна сливаться или следует применять антифриз.

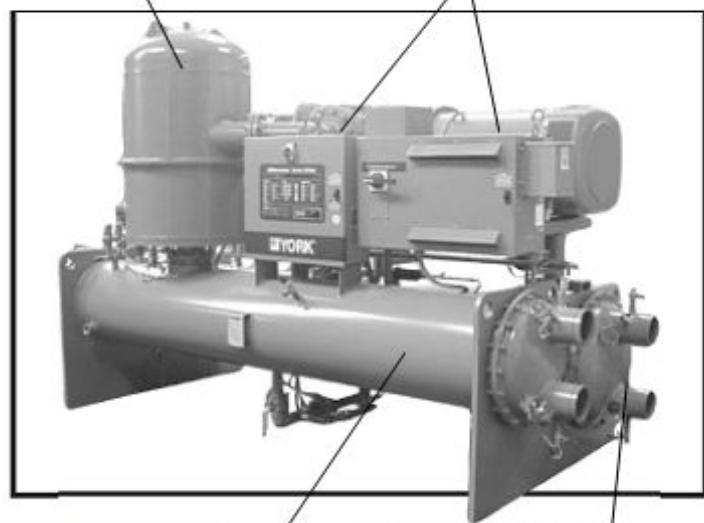
Чиллер с ц/б вентилятором устанавливается в помещении (подвал, технический этаж), а воздушный поток к конденсатору подводится по воздуховодам. Ц/б вентилятор создает достаточное давление для перемещения воздуха по протяженным каналам. Зимой из такого чиллера можно не сливать воду, если он находится в отапливаемом помещении и защищен от попадания холодного воздуха.

Основной блок чиллера с выносным конденсатором может устанавливаться в отапливаемом помещении, а снаружи, размещается только воздушный конденсатор с осевыми вентиляторами. По трубкам конденсатора циркулирует хладагент, которому не грозит замораживание. Из такого чиллера также не нужно сливать воду на холодный период года.

Чиллеры с водяным охлаждением конденсатора компактней и дешевле. Для такого чиллера нужен большой поток воды, охлаждающей конденсатор.

Обычно используют вентиляторную градирню или «сухую градирню». Иногда используют артезианскую, речную или морскую воду. Чиллеры, для использования природных вод, особенно морской воды, требуют защиты конденсаторов от возможных загрязнений и коррозии.

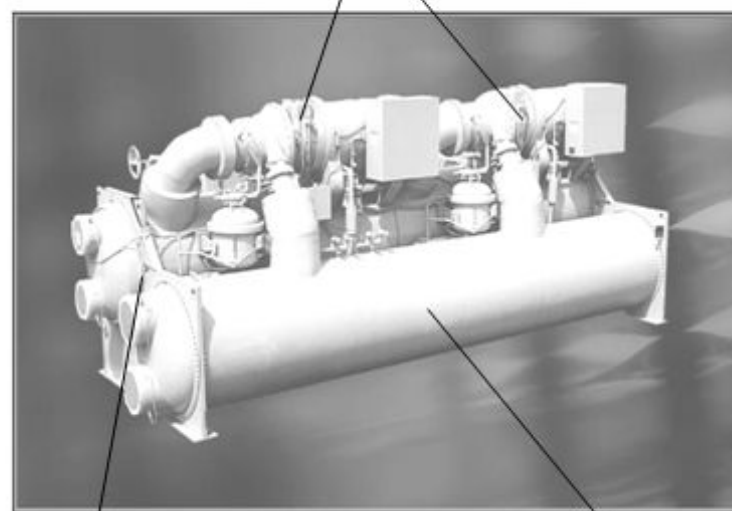
а)  
маслоотделитель 2 винтовых компрессора с электродвигателями



кожухотрубный конденсатор

кожухотрубный испаритель

б)  
2 центробежных компрессора с электродвигателями



кожухотрубный испаритель затопленного типа

кожухотрубный конденсатор

Чиллеры с водяным охлаждением конденсатора:  
а – с винтовым компрессором; б – с центробежным компрессором

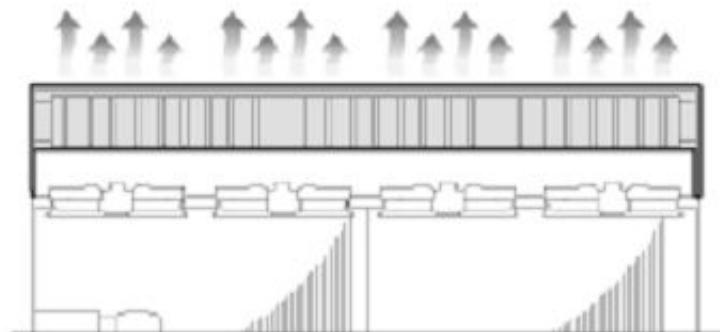


Имеются модификации с пониженным уровнем шума, для чего предусматриваются специальные кожухи, закрывающие компрессоры, вентиляторы с пониженной скоростью вращения и специальным профилем лопастей, в некоторых конструкциях чиллеров применяются пластинчатые шумоглушители.

а)



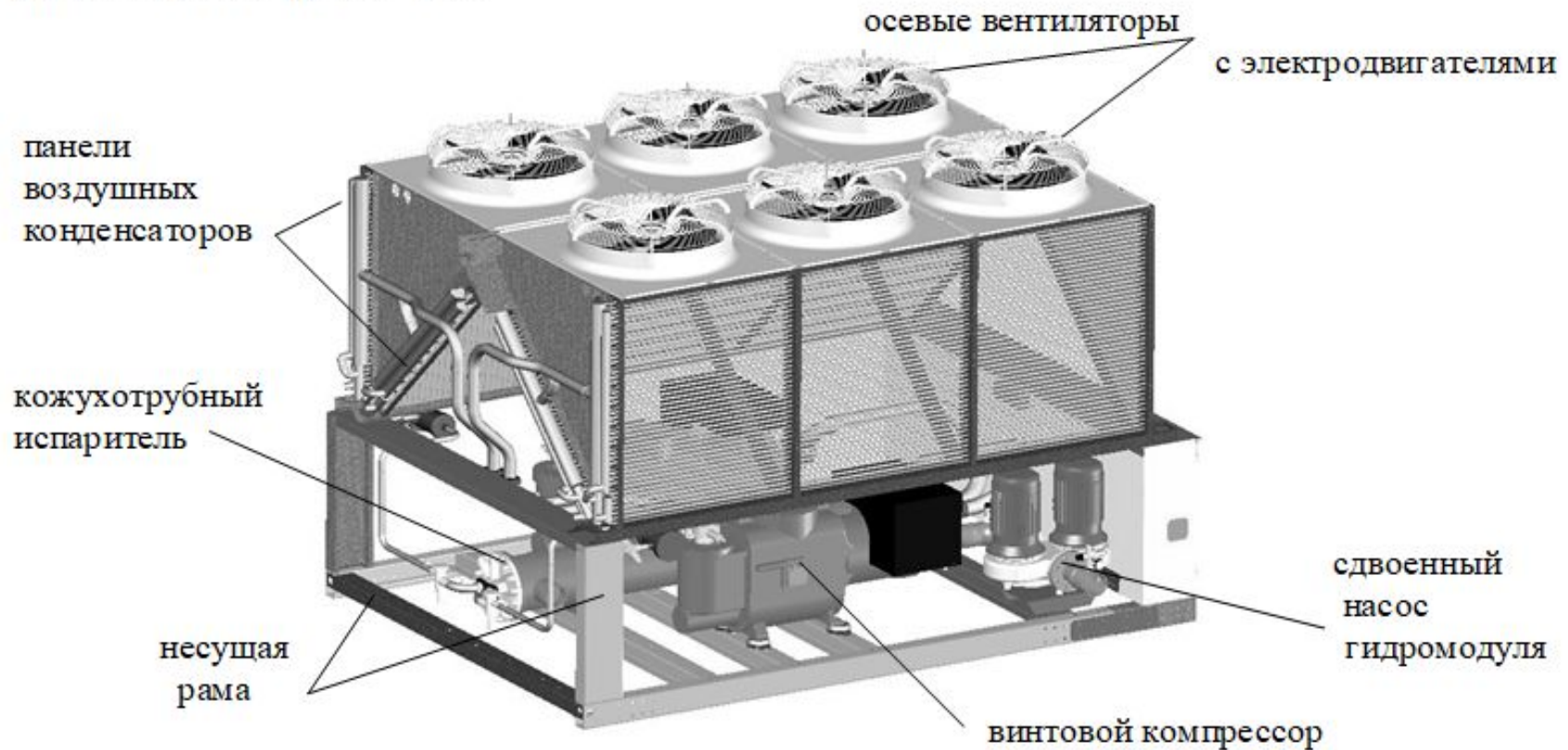
б)



Чиллеры с дополнительным оборудованием для снижения шума:

а – компрессоры в защитных кожухах; б – шумоглушители над осевыми вентиляторами

Применяются модификации чиллеров со встроенным гидромодулем и другие модификации.



Чиллер со встроенным гидромодулем

Чиллер в режиме ТН, с естественным охлаждением (FC), с утилизацией тепла конденсации хладагента.

Все разновидности чиллеров, кроме чиллеров с выносным конденсатором, могут иметь функцию ТН – вырабатывать горячую воду с температурой  $45 \div 55 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , которая часто используется для ГВ.

а)

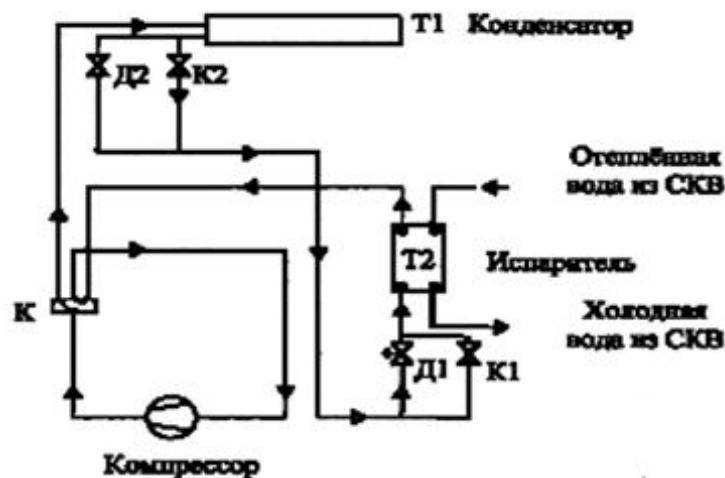
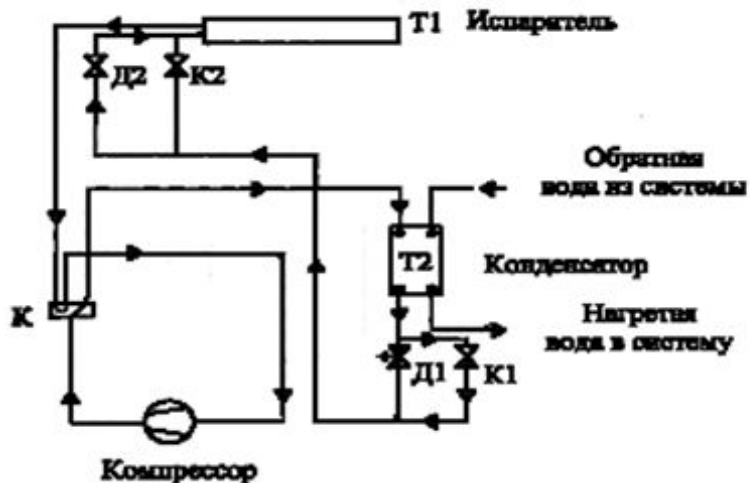


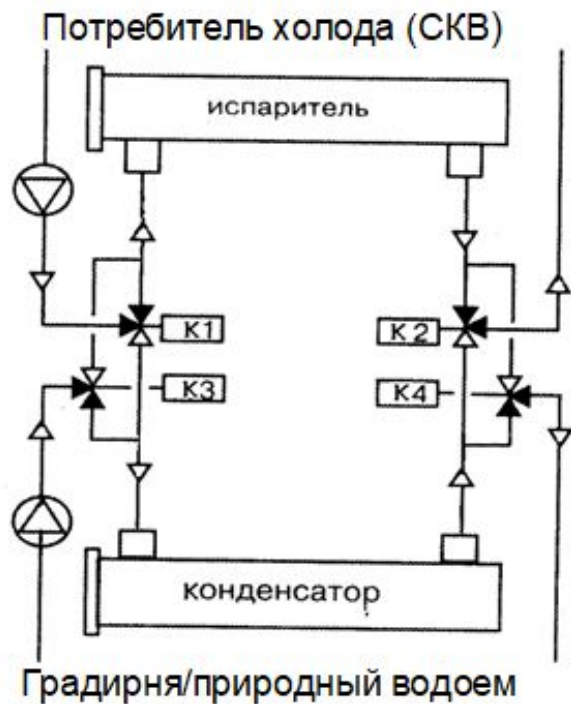
Схема чиллера с функцией ТН:  
а – режим получения холодной воды; б – режим теплового насоса (ТН);

б)



Чиллеры с водяным конденсатором обычно переводятся в режим выработки теплоты переключением водных потоков.

а)



б)

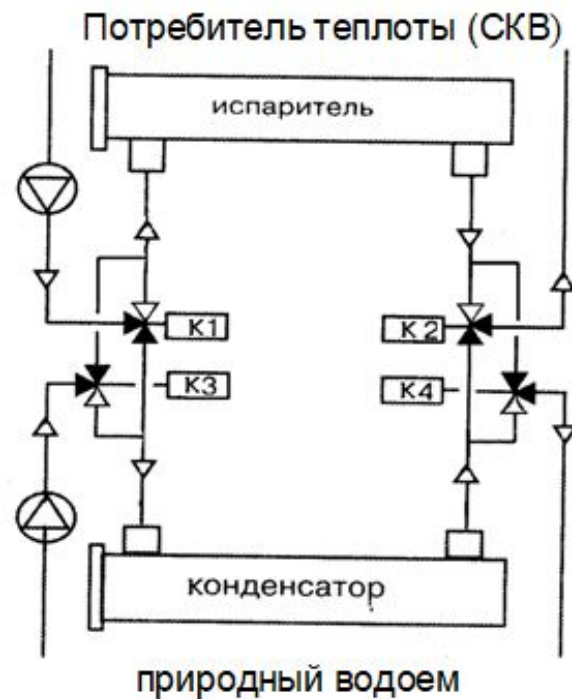


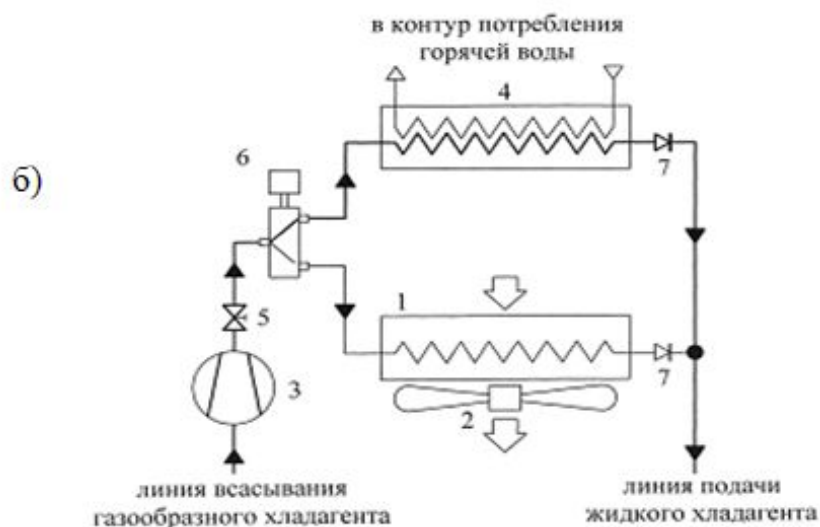
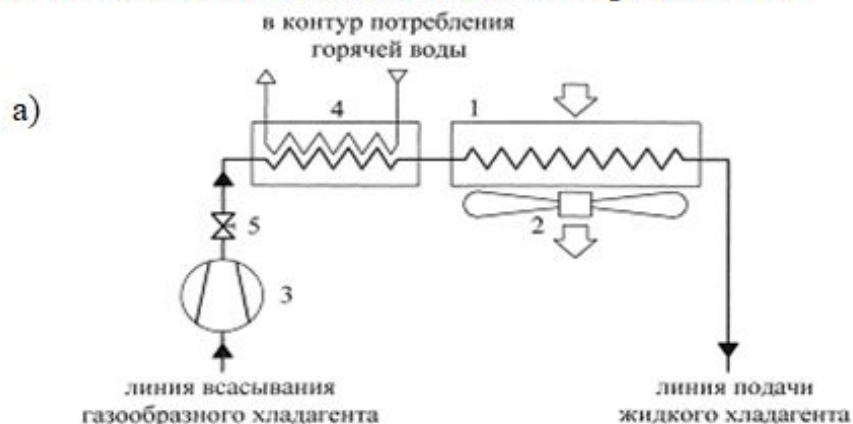
Схема переключения чиллера с водяным охлаждением конденсатора на выработку тепла:

а – режим охлаждения; б – режим выработки теплоты (ТН);

К1 – К4 - трехходовые переключающие клапаны (жидкость проходит через зачерненные проходы, направление движения указано белыми стрелками)

Наряду со стандартной версией имеются чиллеры такого же вида с частичной утилизацией теплоты конденсации паров фреона (обычно порядка 10 – 25 %), и с полной (100 %) утилизацией теплоты.

Для частичной утилизации теплоты в контур хладагента перед воздушным конденсатором устанавливается дополнительный теплообменник хладагент/жидкость. Для полной утилизации – теплообменник хладагент/жидкость включается параллельно.

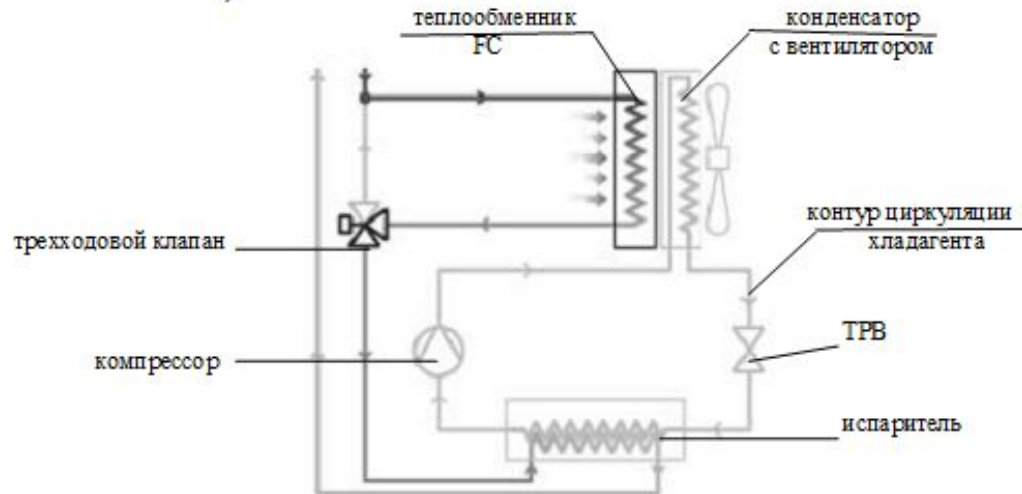


Схемы  
утилизации теплоты  
конденсации  
хладагента:  
а – частичная  
утилизация теплоты; б  
– полная утилизация  
теплоты.  
1 – конденсатор  
воздушного  
охлаждения, 2 –  
вентилятор, 3 –  
компрессор, 4 –  
теплообменник  
системы утилизации  
теплоты, 5 – запорный  
кран, 6 –  
распределительный  
клапан, 7 – обратный  
клапан.

Имеется модификация чиллеров для естественного охлаждения при температуре наружного воздуха ниже температуры отопленной воды, поступающей из СКВ (Free Cooling – свободное охлаждение, англ., сокращенно - FC).

FC-чиллер дополняется: водовоздушным теплообменником, установленным по ходу движения воздуха перед воздушным конденсатором и обдуваемым общим осевым вентилятором; трехходовым клапаном для перенаправления потока отопленной воды.

а)



б)

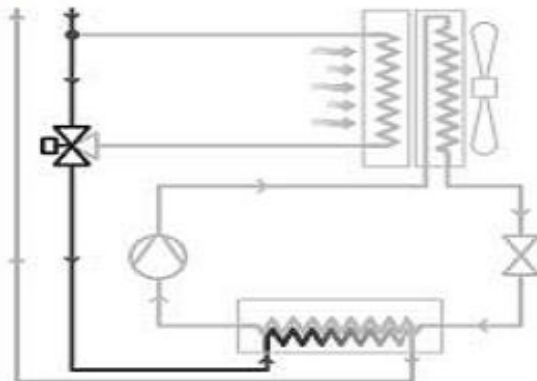


Схема работы системы

естественного охлаждения (FC):

а – теплообменник FC используется;

б – теплообменник FC не используется

Возможны три режима работы FC-чиллера:

1-й – использование только холодильной машины для охлаждения воды, когда температура наружного воздуха достаточно высока, клапан направляет весь поток отепленной воды из системы в испаритель;

2-й – это частичное использования FC. При снижении температуры наружного воздуха хотя бы на  $2^{\circ}\text{C}$  ниже температуры отепленной воды клапан направляет поток отепленной воды в дополнительный теплообменник, остальное охлаждение воды производится в испарителе за счет работы холодильной машины, но ее нагрузка уменьшается;

3-й режим – это использование только FC. Начиная с некоторой температуры наружного воздуха, становится достаточно охлаждения в теплообменнике FC, компрессоры полностью останавливаются.

Целесообразно использовать FC для помещений со значительными теплоизбытками в большей части года и в прохладном климате.

Поскольку возможно применение FC зимой, обычно используется 30-% раствор этиленгликоля. Естественное охлаждение уменьшает затраты электроэнергии на выработку холода и сберегает ресурс компрессоров.

## Характеристики и условия работы чиллера

Важные характеристики чиллера: охлаждающая мощность; тепловая мощность для ТН; охлаждающая мощность FC-режима (если такой имеется); расход холодной воды и падение давления воды в испарителе и в водяном конденсаторе. Важны также: вид хладагента; тип и количество компрессоров, число ступеней регулирования мощности; объем воды в испарителе; потребляемая мощность компрессоров и вентиляторов; габариты; масса; звуковая мощность и показатели потребления энергии.

Характеристики чиллеров определяются расчетным путем и в ходе испытаний и зависят от температурных условий работы, таких как: температура воды покидающей  $t_{X1}$  и входящей в испаритель  $t_{X2}$ , температура окружающего воздуха  $t_{OKP}$  – для чиллера с воздушным конденсатором. Номинальные значения характеристик чиллера обычно приводятся при:  $t_{X1}=7$  °С,  $t_{X2}=12$  °С,  $t_{OKP}=35$  °С.

Для ТН при воздушном испарителе (конденсаторе холодильной машины) определяющими являются: температуры воды на выходе и входе в конденсатор –  $t_{T1}$ ,  $t_{T2}$ ; температура окружающего воздуха  $t_{OKP}$  и его влажность  $\varphi_{OKP}$ . Номинальные значения часто приводятся при:  $t_{T1}=45$  °С,  $t_{T2}=40$  °С,  $t_{OKP}=7$  °С и  $\varphi_{OKP}=85$  %.

Производителями приводятся таблицы и графики, с помощью которых определяются характеристики чиллера при иных, не номинальных условиях.



Приводятся также данные по влиянию загрязнения поверхностей теплообмена на производительность чиллера и затраты мощности компрессоров. Загрязнение характеризуется коэффициентом  $K_3$ . За исходное значение берется  $K_3 = 0,044 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{кВт}$ , при которой поправочные коэффициенты на производительность и мощность равны 1.

Влияние загрязнения испарителя на холодопроизводительность и мощность компрессоров чиллера фирмы YOPK типа YLAE (сокращено)

| Коэффициент загрязнения, $K_3$ ,<br>$\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{кВт}$ | Поправочный коэффициент на холодопроизводительность | Поправочный коэффициент на потребляемую мощность компрессоров |
|---|---|---|
| 0,044   | 1,00  | 1,00  |
| 0,176   | 0,964   | 0,985   |

Влияет на выработку холода и тепла и на затраты мощности применение растворов этиленгликоля или пропиленгликоля. Увеличение их концентрации уменьшает выработку холода и тепла, повышает затраты энергии компрессоров и повышает гидравлические потери давления.

Поправочные коэффициенты на характеристики чиллера фирмы CLIVET типа WSA T в зависимости от концентрации этиленгликоля (сокращено)

| Характеристика  | Содержание этиленгликоля, % |       |       |
|---|-----------------------------|-------|-------|
|   | 20                          | 30    | 40    |
| Температура замерзания, $^{\circ}\text{C}$              | -8,9                        | -15,6 | -23,4 |
| Безопасная температура, $^{\circ}\text{C}$              | -4,0                        | -10,0 | -19,0 |
| Поправочный коэффициент на холодопроизводительность     | 0,981                       | 0,974 | 0,968 |
| Поправочный коэффициент на мощность компрессоров        | 0,988                       | 0,984 | 0,981 |
| Поправочный коэффициент на потери давления в испарителе | 1,118                       | 1,182 | 1,243 |

Эффективность выработки холода в номинальном режиме обозначается **EER** (Energy Efficiency Ratio) и представляет собой отношение холодопроизводительности испарителя  $Q_x$ , к потребляемой мощности компрессора  $N_k$ . Эта величина аналогична холодильному коэффициенту, но с учетом потерь энергии в электродвигателе и компрессоре

$$EER = Q_x / N_k$$

Показатель эффективности выработки теплоты в режиме ТН – **COP** (Coefficient of Performance) – аналог теплового коэффициента

$$COP = Q_k / N_k,$$

где  $Q_k$  – теплопроизводительность конденсатора, кВт;

$N_k$  – потребляемая мощность компрессора в номинальном режиме ТН, кВт.

EER и COP характеризуют эффективность при номинальных условиях и полной нагрузке. На практике большую часть времени чиллеры работают при неполной нагрузке и в условиях, отличных от номинальных. Поэтому разработаны коэффициенты, характеризующие средневзвешенную эффективность выработки холода.

Коэффициент IPLV (Integrated Partial Load Value) предложенный ARI (Стандарт США 550/590 1998) рассчитывается по формуле

$$IPLV = (1 \cdot EER_{100\%} + 42 \cdot EER_{75\%} + 45 \cdot EER_{50\%} + 12 \cdot EER_{25\%}) / 100 ,$$

в которой используются коэффициенты *EER* чиллера при полной (100%) и трех неполных нагрузках (75%, 50% и 25%) при определенных температурных условиях.

Может также применяться Европейский коэффициент энергоэффективности ESEER (European Seasonal Energy Efficiency Ratio), также средневзвешенная характеристика, находят применение и другие средневзвешенные коэффициенты.

Величины коэффициентов EER современных чиллеров находятся в диапазоне 2,9 – 3,6; величины IPLV - в диапазоне 4 – 5,5 и даже до 6,2 для чиллеров с дополнительными ступенями мощности.