

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

В.В. Соколов

**ОБОРУДОВАНИЕ
ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК И СКВ.
ЛЕКЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Учебное пособие
для обучающихся по специальности
16.03.03 «Холодильная, криогенная техника
и системы жизнеобеспечения»,
профиль «Холодильная техника и системы кондиционирования»

Севастополь,
СевГУ
2023

УДК 621.565:697.91(075.8)
ББК 31.392:38.762.3я73
С59

Р е ц е н з е н т :

А.А. Скидан - канд. техн. наук, доцент заведующий кафедрой
«Системы контроля и управления атомных станций»

Соколов В. В.

С59 Оборудование холодильных установок и СКВ: лекции по дисциплине: учебное пособие для обучающихся по специальности 16.03.03 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения», профиль «Холодильная техника и системы кондиционирования» / В.В. Соколов ; Севастопольский государственный университет. – Севастополь: СевГУ, 2023. – 100 с.: ил. – В надзаг.: Министерство науки и высшего образования РФ, Севастопольский государственный университет. - Текст: электронный.

В учебном пособии изложен лекционный материал по дисциплине «Оборудование холодильных установок и СКВ», изучаемый студентами 2-го курса по специальности 16.03.03 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения», профиль подготовки – Холодильная техника и системы кондиционирования.

УДК 621.565:697.91(075.8)
ББК 31.392:38.762.3я73

Рассмотрено и рекомендовано на заседании ученого совета Института ядерной энергии и промышленности, протокол № 3 от 12 января 2023 г.

© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2023

СОДЕРЖАНИЕ

1.	Принципиальные схемы и теоретические циклы ПКХМ	4
2.	Холодильные компрессоры ПКХМ	12
3.	Аппараты парокомпрессионных ПКХМ	23
4.	Вспомогательное оборудование холодильных машин и установок	37
5.	Клапаны ПКХМ	44
6.	Регуляторы ПКХМ	55
7.	Регулирование давления конденсации в ПКХМ	70
8.	Кондиционеры сплит-систем	74
9.	Системы кондиционирования воздуха с центральным кондиционером	84
10.	Центральные установки кондиционирования воздуха	89

Лекция 1

ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ ПАРОКОМПРЕССИОННЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН (ПКХМ)

Учебные вопросы:

1. Принципиальная схема и теоретический цикл ПКХМ с расширительным цилиндром.
2. Принципиальная схема и теоретический цикл ПКХМ с регулирующим вентилем.
3. Принципиальная схема и теоретический цикл ПКХМ с регулирующим вентилем и переохлаждением хладагента.
4. Принципиальная схема и теоретический цикл ПКХМ с регулирующим вентилем, переохлаждением и перегревом хладагента.
5. Принципиальная схема ПКХМ с регенеративным теплообменником.

Вопрос 1. Принципиальная схема и теоретический цикл ПКХМ с расширительным цилиндром

На рис. 1.1, а приведена принципиальная схема простейшей парокомпрессионной холодильной машины, состоящей из конденсатора (КН) компрессора (КМ), расширительного цилиндра (РЦ) и испарителя (И), устанавливаемого в охлаждаемом помещении. Все узлы машины соединены последовательно трубопроводами. Машина заправлена необходимым количеством рабочего тела (хладагента) и представляет собой герметично закрытую систему.

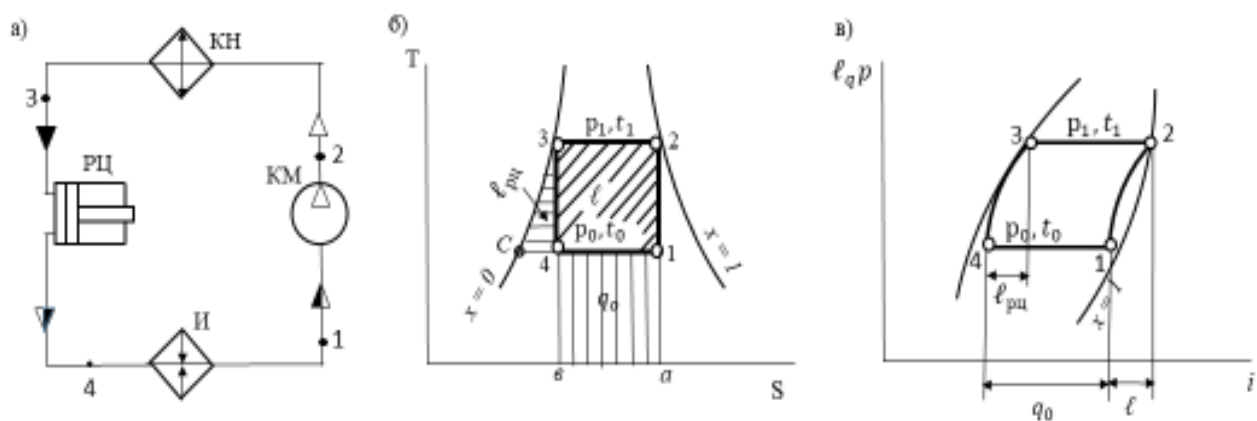


Рис. 1.1. Принципиальная схема одноступенчатой парокомпрессионной холодильной машины с расширительным цилиндром (а); цикла Карно в S - T -диаграмме (б) и в i - lqp -диаграмме (в)

Цикл рассматриваемой холодильной машины совершается в области влажного пара между пограничными кривыми $x=0$ и $x=1$ (см. рис. 1.1, б, в). Компрессор всасывает влажные пары хладагента, образовавшиеся в испарителе при давлении p_0 в состоянии 1, и без потерь адиабатно сжимает их (линия 1-2) до состояния насыщения при температуре окружающей среды t_1 , то

есть до более высокого давления p_1 . Сжатые пары нагнетаются в конденсатор в состоянии 2 сухого насыщенного пара.

В конденсаторе сжатый пар конденсируется (процесс 2-3), то есть переходит из состояния сухого насыщенного пара в жидкость. Процесс конденсации, как и процесс кипения, протекает при постоянных давлении и температуре. Жидкий хладагент в состоянии 3 поступает в расширительный цилиндр, где адиабатно (линия 3-4) расширяется без потерь до состояния 4. При расширении давление снижается от p_1 до p_0 . Тем самым хладагент подготавливается к восприятию тепла при низкой температуре t_0 .

После завершения этого процесса жидкий хладагент в состоянии 4 поступает в испаритель, где кипит при постоянном давлении p_0 и температуре t_0 . Во время кипения хладагент отнимает тепло q_0 от охлаждаемой среды, переходя при этом из состояния 4 в состояние 1. Затем хладагент вновь всасывается компрессором и цикл повторяется.

В процессах теплообмена 4-1 и 2-3 происходят фазовые превращения (кипение, конденсация), в которых температура хладагента не меняется, если давление постоянно. Тем самым цикл, совершаемый хладагентом в области влажного пара, совпадает с обратным циклом Карно, состоящим из двух изотерм и двух адиабат.

Удельная массовая холодопроизводительность хладагента в цикле Карно $q_0 = i_1 - i_4$ (в ST -диаграмме q_0 эквивалентна площади 4-1-a-b-4).

Удельная работа, затрачиваемая на адиабатное сжатие хладагента в компрессоре, в цикле Карно $\ell_{\text{км}} = i_2 - i_1$ (в ST -диаграмме $\ell_{\text{км}}$ эквивалентна площади 1-2-3-1).

Удельная работа, совершаемая хладагентом при его адиабатном расширении в расширительном цилиндре, $\ell_{\text{рц}} = i_3 - i_4$ (в ST -диаграмме $\ell_{\text{рц}}$ эквивалентна площади 3-с-4-3). Эта работа передается на вал компрессора.

Удельная работа, затрачиваемая на осуществление обратного цикла Карно, $\ell = \ell_{\text{км}} - \ell_{\text{рц}}$ (в ST -диаграмме эквивалентна площади 1-2-3-4-1).

Удельная теплота, отдаваемая хладагентом охлаждающей воде(воздуху) в конденсаторе, $q_1 = q_0 + \ell$.

Холодильный коэффициент цикла Карно

$$\varepsilon_{\kappa} = \frac{q_0}{\ell} = \frac{T_0}{T_1 - T_0},$$

где T_0 – температура кипения хладагента в реальном испарителе, К; T_1 – температура конденсации хладагента в реальном конденсаторе, К.

Цикл Карно невозможно реализовать в холодильной машине так как нельзя сделать ее элементы идеальными (не только теплообменные аппараты, которые необходимо выполнять с бесконечной поверхностью теплообмена, но и расширительный цилиндр и компрессор).

Еще в начале развития холодильной техники выяснилось, что применять расширительный цилиндр в парокомпрессионных холодильных машинах нецелесообразно, во-первых, из-за трудности его изготовления, во-вторых, по-

тому, что работа, которую можно получить от хладагента в расширительном цилиндре, даже при идеальном адиабатном процессе невелика по сравнению с работой, затрачиваемой в компрессоре. В реальном расширительном цилиндре полезная работа из-за ряда потерь практически оказывается близкой к нулю, а процесс расширения – близким к процессу дросселирования. В связи с этим от расширительного цилиндра отказались, заменив его более простым дроссельным устройством – регулирующим вентилем, позволяющим изменять степень заполнения испарителя кипящим хладагентом.

Вопрос 2. Принципиальная схема и теоретический цикл ПКХМ с регулирующим вентилем

В парокомпрессионной холодильной машине с регулирующим вентилем (рабочий процесс и обозначения агрегатов на рис. 1.2 аналогичны описанным выше) вследствие замены расширительного цилиндра регулирующим вентилем вместо процесса адиабатного расширения (линия 3-4 на рис. 1.1, б, в) совершается дросселирование (линия 3-4), то есть необратимый процесс неравномерного расширения хладагента со снижением давления. При расширении хладагентов в дросселирующем вентиле никакой полезной внешней работы не совершается, так как работа расширения здесь расходуется на трение в потоке и превращается в тепло, которое поглощается самим хладагентом. Это вызывает бесполезное парообразование и некоторое снижение полезной холодопроизводительности за счет увеличения паросодержания хладагента, направляющегося в испаритель. В целом же процесс дросселирования, как всякий процесс расширения, сопровождается понижением температуры.

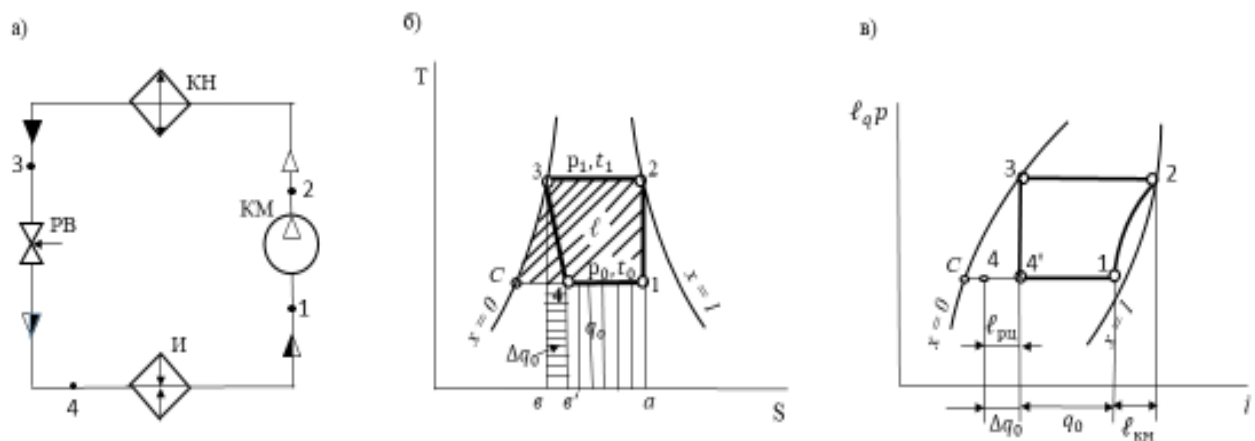


Рис. 1.2. Принципиальная схема (а) и теоретические циклы одноступенчатой парокомпрессионной холодильной машины с регулирующим вентилем в S - T -диаграмме (б) и i - lqr -диаграмме (в)

Замена расширительного цилиндра на регулирующий вентиль приводит к потере удельной массовой холодопроизводительности хладагента в цикле $\Delta q_0 = i_{1'} - i_4$, которая численно равна работе расширительного цилиндра $\ell_{рц} = i_3 - i_4$ ($\Delta q_0 = \ell_{рц}$, так как $i_{3'} = i_4$).

Вопрос 3. Принципиальная схема и теоретический цикл ПКХМ с регулирующим вентилем и переохлаждением хладагента

При переохлаждении процесс дросселирования перемещается влево (процесс 3 - 4') займет положение 3' - 4''), что приводит к увеличению удельной массовой холодопроизводительности хладагента на $\Delta q'_0 = i_{4'} - i_{4''} = i_3 - i'_3$ (в ST -диаграмме $\Delta q'_0$ эквивалентна площади 4'-4''-b'-4'). При этом удельная работа, затрачиваемая на совершение цикла, не изменяется. Следовательно, переохлаждение жидкого хладагента перед регулирующим вентилем для пароконденсационных холодильных машин является полезным.

7

В холодильных машинах хладагент переохлаждают обычно за счет регенеративного (внутреннего) теплообмена, когда жидкость перед регулирующим вентилем охлаждается в специальном теплообменнике парами хладагента, отсасываемыми компрессором из испарителя.

Вопрос 4. Принципиальная схема и теоретический цикл ПКХМ с регулирующим вентилем, переохлаждением и перегревом хладагента

Еще одно отличие цикла реальной парокompрессионной холодильной машины от цикла Карно – всасывание компрессором не влажного, а сухого насыщенного или слегка перегретого пара. Это создает так называемый «сухой» ход компрессора. Дело в том, что процесс сжатия хладагента в области влажного пара, то есть «влажный» ход компрессора менее выгоден, чем «сухой». Это объясняется тем, что при «сухом» ходе компрессора меньше потери, обусловленные теплообменом хладагента со стенками рабочей полости реального компрессора. Кроме того, «влажный» ход опасен, так как он может привести к гидравлическим ударам и аварии компрессора.

«Сухой» ход компрессора на обычно обеспечивается настройкой автоматически действующих регулирующих вентилей, называемых терморегулирующими вентилем (ТРВ). С помощью ТРВ поддерживается необходимая степень перегрева паров хладагента на выходе из испарителя Δt_n . Для хладонных машин Δt_n , применяется равным $5 \dots 8^\circ\text{C}$.

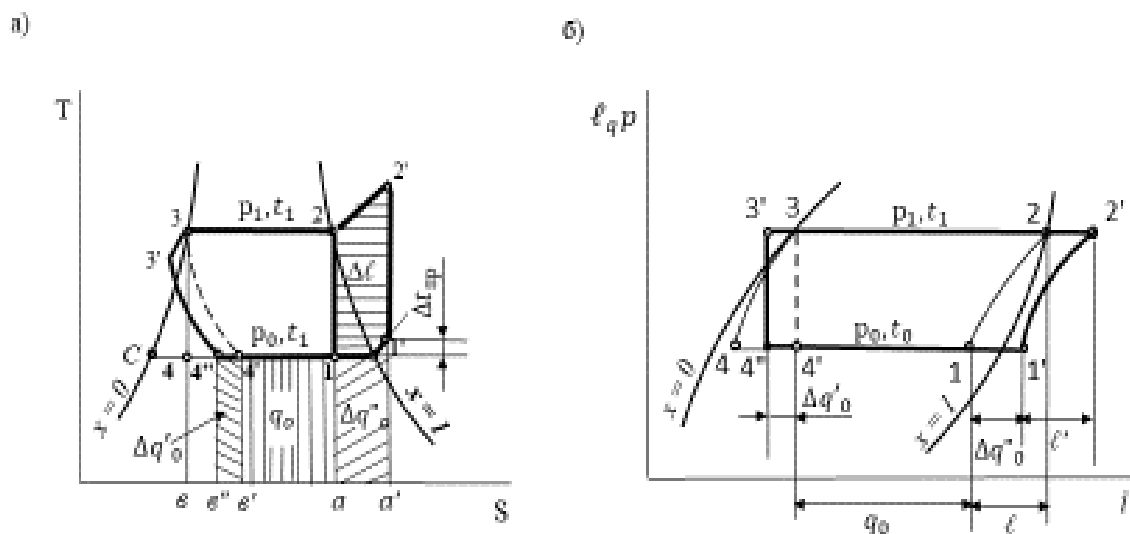


Рис. 1.4. Теоретические циклы парокompрессионной холодильной машины с переохлаждением и перегревом хладагента в S - T -диаграмме (б) и i - lqp -диаграмме (в)

Перенос процесса адиабатного сжатия хладагента в компрессоре (рис. 1.4) из области влажного пара (процесс 1 - 2) в область перегретого пара (процесс 1' - 2') одновременно увеличивает удельную массовую холодопроизводительность хладагента в цикле на $\Delta q''_0 = i_{1'} - i_1$ и удельную работу, затрачиваемую на совершение цикла, $\Delta \ell = (i_{2'} - i_{1'}) - (i_2 - i_1)$. В ST -диаграмме $\Delta q''_0$ эквивалентна площади 1'-1-a-a'-1', а $\Delta \ell$ площади 1'-2'-2'-1-1'. Сравнение обоих процессов показывает, что удельная работа увеличивается больше, чем

удельная холодопроизводительность. Следовательно, холодильный коэффициент теоретического цикла с регулирующим вентилем и сжатием в области перегретого пара для основных хладагентов оказывается меньше холодильного коэффициента аналогичного теоретического цикла со сжатием в области влажного пара. Однако это относится только к холодильным коэффициентам теоретических циклов, в которых не учитываются энергетические потери в реальном компрессоре. Действительный же холодильный коэффициент машины, работающей со сжатием хладагента в области перегретого пара, из-за более благоприятных условий работы компрессора и меньших потерь в нем всегда больше действительного холодильного коэффициента машины, работающей со сжатием в области влажного пара.

Цикл 1'-2'-3'-4'-1' является основным теоретическим циклом одноступенчатой холодильной машины с терморегулирующим вентилем. В эксплуатационных условиях он легко может быть построен для любого режима по показаниям штатных приборов (манометров, мановакуумметров и термометров) и использован для анализа работы холодильной установки.

Холодильный коэффициент теоретического цикла

$$\varepsilon = \frac{q_0}{\ell} = \frac{i_{1'} - i_{4''}}{i_{2'} - i_{1'}}$$

где q_0 – удельная массовая холодопроизводительность хладагента, кДж/кг (в ST -диаграмме эквивалентна площади 1'-4''-b'-a'-1'); ℓ – удельная работа, затрачиваемая на осуществление цикла, равна работе компрессора $\ell = \ell_{\text{км}}$, кДж/кг (в ST – диаграмме эквивалентна площади 1'-2'-3-с-1'); $i_{1'}$, $i_{2'}$, $i_{4''}$ – удельные энтальпии хладагента в узловых точках цикла, кДж/кг.

Вопрос 5. Принципиальная схема ПКХМ с регенеративным теплообменником

Стремление увеличить холодопроизводительность, улучшить условия работы компрессора и повысить холодильный коэффициент привело к использованию в холодильных машинах регенеративных циклов (рис. 1.5).

Регенерация в парокомпрессионных холодильных машинах – это внутренний теплообмен в цикле между жидким хладагентом, поступающим из конденсатора, и холодным паром хладагента, отсасываемым компрессором из испарителя, осуществляемый в регенеративных теплообменниках.

Регенеративный теплообменник (РТ) является дополнительным элементом, включаемым в схему машины между конденсатором (КН) и регулирующим вентилем (РВ). Он обычно представляет собой змеевик, по которому проходит жидкий хладагент. Пар хладагента поступает в корпус РТ из испарителя (И), омывает змеевик снаружи и отсасывается компрессором (КМ). В результате теплообмена между жидким и парообразным хладагентом в РТ жидкий хладагент дополнительно переохлаждается на $\Delta t_{\text{жр}} = t_3 - t_4$ (процесс переохлаждение 3-4), а пар хладагента получает дополнительный перегрев $\Delta t_{\text{пр}} = t_1 - t_6$ (процесс перегрева 6-1).

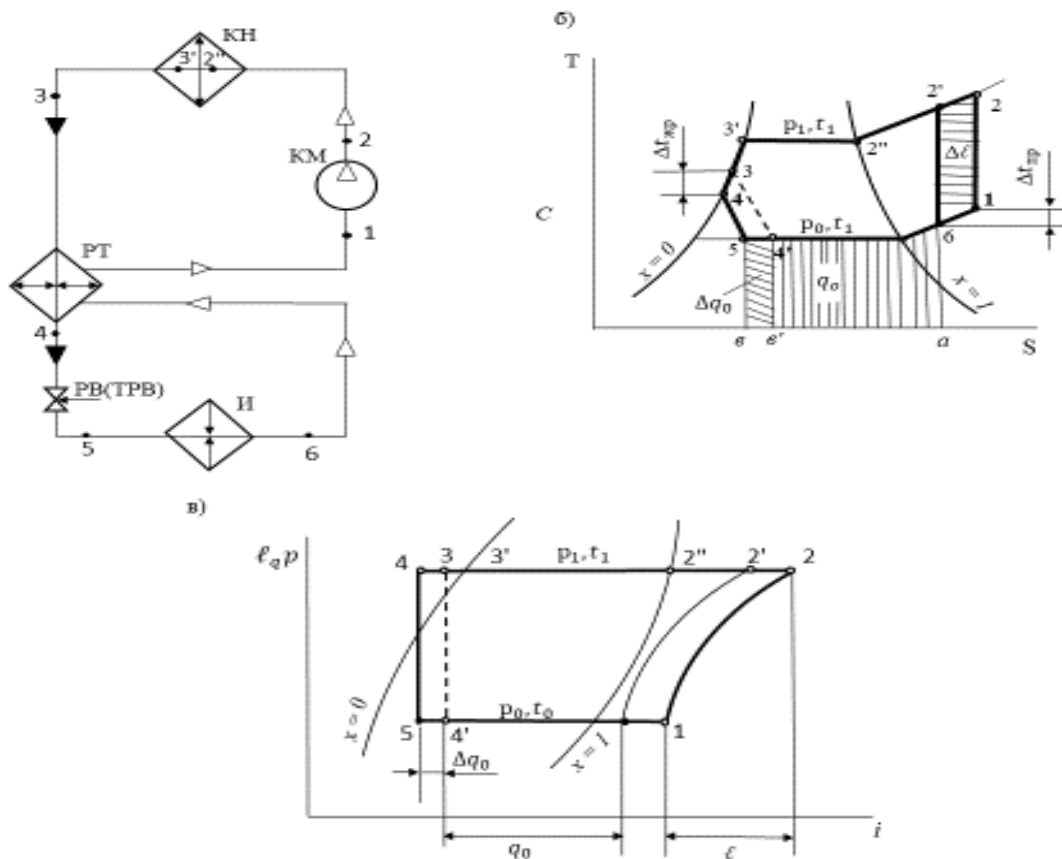


Рис. 1.5. Принципиальная схема (а) и теоретический цикл парокompрессионной холодильной машины с регенеративным теплообменником в S - T -диаграмме (б) и i - lqr -диаграмме (в)

Тепловой баланс РТ на установившемся режиме работы без учета теплообмена хладагента с окружающей средой может быть представлен так (рис. 1.5, б, в):

$$t_3 - t_4 = t_1 - t_6$$

или

$$C_{жр} \Delta t_{жр} = C_{нр} \Delta t_{нр}, \quad (1.10)$$

где t_3, t_4 – удельные энтальпии жидкого хладагента соответственно на входе и выходе из РТ, кДж/кг; t_1, t_6 – удельные энтальпии парообразного хладагента соответственно на выходе и входе в РТ, кДж/кг; $C_{жр}$ – средняя удельная теплоемкость жидкого хладагента в процессе его переохлаждения (процесс 3 - 4), кДж/(кг·К); $C_{нр}$ – средняя удельная теплоемкость парообразного хладагента в процессе его перегрева (процесс 6-1), кДж/(кг·К); $\Delta t_{жр}, \Delta t_{нр}$ – соответственно переохлаждение и перегрев хладагента в РТ, К.

Теплоемкость жидкого хладагента больше теплоемкости парообразного.

Из уравнения (1.10) следует, что перегрев, получаемый паром хладагента в РТ, всегда больше переохлаждения жидкого хладагента ($\Delta t_{нр} > \Delta t_{жр}$). В связи с этим довести температуру жидкого хладагента в процессе его переохлаждения в РТ до температуры кипения в испарителе t_o , то есть осуществить полную регенерацию в цикле, невозможно.

Дополнительное переохлаждение жидкого хладагента перед регулирующим вентилем $\Delta t_{жр}$ позволяет увеличить удельную массовую холодопроизводительность хладагента в цикле на $\Delta q_0 = t_3 - t_4$ (процесс дросселирования 4 – 5 вместо 3 – 4'), а дополнительный перегрев пара перед компрессором $\Delta t_{пр}$ приводит к увеличению затрачиваемой на совершении цикла удельной работы на $\Delta \ell = (i_2 - i_1) - (i_2' - i_6)$; Δq_0 и $\Delta \ell$ в ST – диаграмме (см. рис. 1.5, б) изображены в виде заштрихованных площадей.

Следовательно, холодильный коэффициент холодильного регенеративного цикла 1-2-3-4-5-6-1 $\varepsilon_{тр}$ будет больше холодильного коэффициента цикла без регенерации 6-2'-3-4'-6 только в том случае, если относительный прирост удельной массовой холодопроизводительности хладагента в регенеративном цикле будет больше относительного увеличения удельной работы, затрачиваемой на совершение этого цикла, то есть для обеспечения $\varepsilon_{тр} > \varepsilon_t$ необходимо соблюдение неравенства $\Delta q_0/q_0 > \Delta \ell/\ell$, все члены которого зависят от свойств хладагента и температур кипения t_o и конденсации t_1 . Поэтому не всегда и не для всех хладагентов регенерация приводит к повышению холодильного коэффициента. При работе машины на $R - 12$ регенерация почти всегда увеличивает теоретический холодильный коэффициент, а при работе на $R - 22$ он практически не изменяется.

Однако применение РТ оказывается полезным. В частности, при перегреве пара хладагента в теплообменнике происходит выкипание хладона из маслохладонового раствора, уносимого в виде капель с паром из испарителя, в результате чего масло возвращается в компрессор с минимальным содержанием хладона, что благоприятно сказывается на коэффициенте подачи компрессора.

Контрольные вопросы для самоконтроля

1. В какой области состояния хладагента совершается идеальный холодильный цикл Карно?
2. В каком устройстве ПКХМ процесс изменения агрегатного состояния хладагента?
3. Под каким процессом в цикле Карно на T - S - диаграмме и осью ординат соответствует площадь удельной массовой холодопроизводительности?
4. Что такое холодильный коэффициент цикла Карно?
5. Какую функцию выполняет в принципиальной схеме ПКХМ регенеративный теплообменник?
6. Каким функциональным элементом заменен расширительный цилиндр в реальной холодильной установке?
7. При каких параметрах хладагента протекает процесс его переохлаждения?
8. При каких параметрах хладагента протекает процесс его перегрева?
9. Для чего осуществляется перегрев хладагента?
10. Для чего осуществляется переохлаждение хладагента?

Лекция 2

ХОЛОДИЛЬНЫЕ КОМПРЕССОРЫ ПКХМ

Учебные вопросы:

1. Особенности холодильных компрессоров (ХК).
2. Классификация ХК.

Вопрос 1. Особенности холодильных компрессоров

Холодильные компрессоры обеспечивают циркуляцию хладагента в системе ХМ и, в отличие от газовых (воздушных) компрессоров, самостоятельно вне холодильных машин не применяются.

Отличия условий работы компрессоров в составе холодильных машин от условий работы компрессорных машин общего назначения:

- 1) работают в широком диапазоне изменения давлений всасывания и нагнетания;
- 2) часто хладагенты растворяют масла и условия смазки компрессора ухудшаются;
- 3) всасываемый пар имеет низкую температуру и часто несёт капли жидкости;
- 4) может наблюдаться конденсация хладагента в цилиндре (при его интенсивном охлаждении);
- 5) часто хладагенты очень текучи и обладают высокой проницаемостью;
- 6) к холодильным компрессорам предъявляются повышенные требования: большая надежность, значительный моторесурс, высокий КПД и т.д.

Вопрос 2. Классификация ХК

На сегодняшний день существует два основных принципа действия ХК, по которым их классифицируют. Это – компрессоры **объемного и динамического действия**. Также, существует большое разнообразие моделей, вариантов их исполнения, применения, использования разных видов хладагентов. Стремясь удовлетворить потребности конечных потребителей, производители регулярно пополняют и выпускают новые серии оборудования, повышают их холодопроизводительность, улучшают конструктивные особенности.

Чтобы с легкостью разобраться в такой многообразии и правильно подобрать ХК, следует понимать принципы классификации компрессорных агрегатов, особенности и различия разных типов.

2.1. Объемные компрессоры

В ХК объемного типа нагнетание происходит за счет последовательного наполнения рабочей камеры парообразным хладагентом, и дальнейшего его сжатия за счет принудительного уменьшения объема рабочей камеры. Чтобы среда не выходила обратно, в компрессоре предусмотрена система регулирующих клапанов, поочередно открывающихся в процессе заполнения и освобождения камеры. Механическая основа компрессоров объемного дейст-

вия может быть различна, в связи с чем, аппараты данного типа подразделяются на следующие группы:

- поршневые;
- винтовые;
- роторно-пластинчатые;
- спиральные.

2.1.1 Поршневые компрессоры

Поршневые ХК классифицируют по роду работающего в ХМ хладагента (аммиачные и фреоновые), холодопроизводительности (малые до 10 кВт, средние до 50 кВт, крупные – свыше 50 кВт), по характеру прохождения хладагента через ХК (прямоточные и с переменным движением пара), по ступеням сжатия (одно- и многоступенчатые), по количеству цилиндров (одно- и многоцилиндровые), по числу оборотов вала (тихоходные и быстроходные – более 500 об/мин), по расположению осей цилиндров (горизонтальные, вертикальные и угловые), по числу рабочих полостей (одинарного и двойного действия стороны поршня), по роду привода (приводные, паровые и мотокомпрессоры), по типу клапанов (шпиндельные, пластинчатые, шариковые, бесклапанные), по устройству кривошипно-шатунного механизма (крейцкопфные и безкрейцкопфные), по месту расположения (стационарные и транспортные (судовые, вагонные, автомобильные)), по системе охлаждения (воздушные и водяные), по своей конструкции на герметичные, полугерметичные и открытые устройства.

Герметичные компрессоры располагаются в одном корпусе с электродвигателем, который охлаждается непосредственно хладагентом. К их преимуществам можно отнести:

- экономичность;
- компактность;
- универсальность.

Полугерметичные компрессоры применяются в установках, где требуется установить компактное оборудование большой мощности. Данный тип оборудования может развивать мощность до 350 кВт. Рабочая часть и электродвигатель устройства этого типа находятся в разборном корпусе, что делает компрессор более ремонтпригодным. Его можно разобрать, снять электродвигатель и заменить нужные детали. Регулировка режима работы может осуществляться закрытием части всасывающих клапанов. К другим преимуществам данного оборудования можно отнести:

- высокую мощность;
- компактность;
- удобство обслуживания.

Главной особенностью **открытого компрессора** является наличие внешнего двигателя. Это достаточно громоздкая конструкция, но она имеет множество преимуществ. Чаще всего открытые компрессоры используются в крупных промышленных установках, где они наиболее эффективны. Вал,

приводящий в движение механику компрессора, выходит за его пределы, поэтому требует специального уплотнения. Как правило, используется сальник или вращающееся уплотнение. Вал компрессора может вращаться со скоростью приводного двигателя или, при использовании передачи (чаще всего клино-ременной) его скорость вращения можно увеличить, подобрав шкив нужного диаметра. Среди преимуществ данного типа компрессоров можно отметить:

- возможность запуска на холостом ходу, чтобы снизить нагрузку на двигатель;
- надежность;
- ремонтпригодность;
- удобство регулировки режима работы при помощи инверторов.

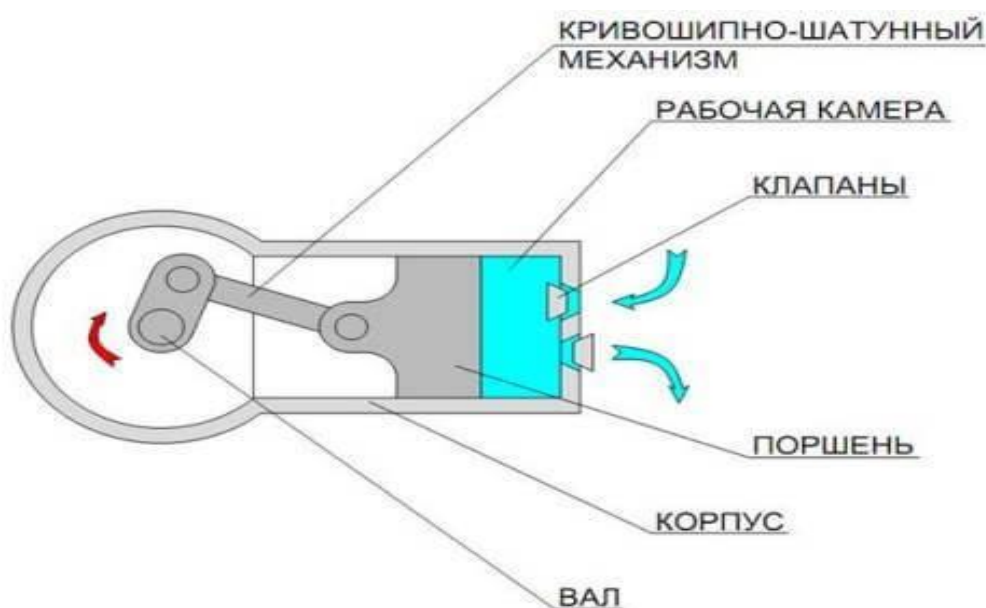


Рис. 2.1. Кинематическая схема поршневого компрессора

В поршневых ХК (рис. 2.1) наиболее явно отражен принцип сжатия объемных компрессоров: работа поршня в цилиндре приводится в действие шатунным механизмом. В зависимости от положения поршня рабочая камера последовательно изменяет свой внутренний объем. Утечка рабочей среды в обратном направлении предотвращается клапанами.

В компрессорах обычно применяют пластинчатые клапаны (рис. 2.2), получившие это название потому, что их рабочей запорной деталью служат тонкие стальные пластины.

Пластинчатые клапаны в зависимости от конфигурации и крепления клапанных пластин бывают кольцевые (рис. 2.5), полосовые, язычковые (рис. 2.4).



Рис. 2.2. Язычковые клапаны на клапанной доске

Поршневые компрессоры для холодильных машин, работающие на фреонах и аммиаке, с электрической мощностью больше 5 кВт, выпускаются в соответствии с ГОСТ 6492-84. Этим ГОСТом предусмотрены ограничения на степень повышения давления ($P_k/P_0 < 9$), на разность давлений ($P_k - P_0 < 1,4$ МПа), на температуру нагнетания ($T < 145$ °С) и на поршневые усилия.

Наиболее часто в холодильных машинах используются:

- бескрейцкопфные аммиачные и фреоновые компрессоры. Это вертикальные или угловые (V- и W-образные) в блок-картерном исполнении (для прочности, жесткости и удобства компоновки) машины простого действия. Обычно это прямоточные компрессоры, с ложными крышками цилиндров (для защиты от гидроударов). Цилиндры охлаждаемые. У аммиачных компрессоров – рубашечное охлаждение, водой. У фреоновых компрессоров – воздушное, с обребрением цилиндров. Их достоинства:

- машины быстроходные, легкие и компактные;
- незаменимы при малых производительностях.

Недостатки:

• сложный доступ к подшипникам, смазочной системе и др. узлам, расположенным в блоккартере.

- крейцкопфные компрессоры с горизонтальным оппозитным расположением цилиндров. Это машины двойного действия с повышенной производительностью, одно- и двухступенчатые, с взаимно противоположным движением поршней. Предназначены для работы на аммиаке, пропане, пропилене. Охлаждение - водяное.

Недостаток - чувствительность к гидроударам.

Машины этого типа успешно вытесняются винтовыми компрессорами.

2.1.2 Винтовые компрессоры

Конструкция аппаратов данного типа (рис. 2.3) включает один и более винтов, которые обеспечивают нагнетание паров хладагента. Компрессоры классифицируются на:

- Масляные и безмасляные компрессоры (по использованию смазочных веществ)
- Одновинтовые, двухвинтовые и т.д. (по количеству винтов).

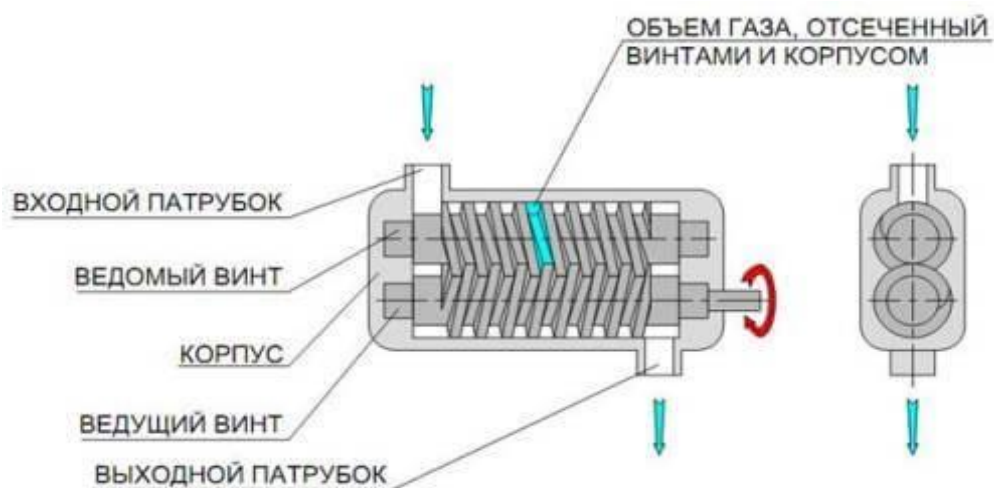


Рис. 2.3. Кинематическая схема винтового компрессора

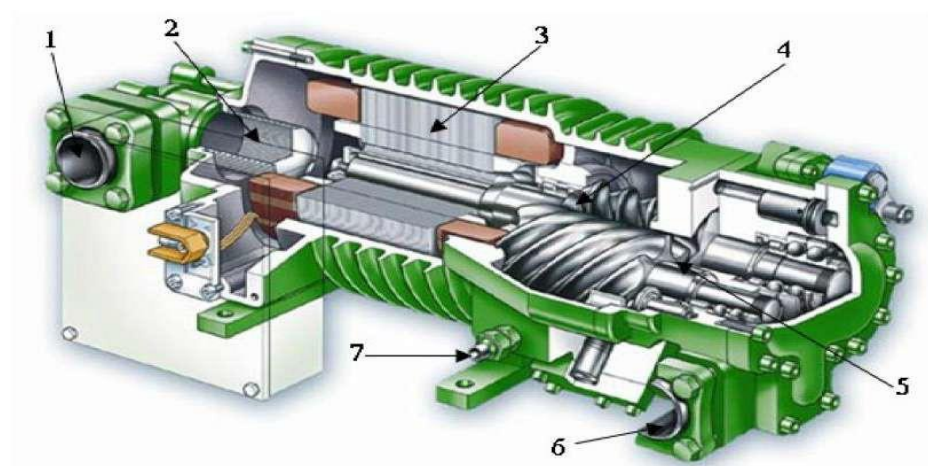


Рис. 2.4. Винтовой компрессор: 1 – всасывающий патрубок; 2 – сетчатый фильтр; 3 – обмотка электродвигателя; 4 – полость между зубьями; 5 – пар и масло проходит вдоль вала до нагнетательного фланца; 6 – нагнетательный патрубок; 7 – патрубок возврата масла

Достоинства:

- быстроходность, малая масса и габариты (габариты в 2 - 10 раз, а масс 10-100 раз меньше, чем у поршневых компрессоров той же производительности), полная уравновешенность, практически беспульсационная подача, отсутствие вибраций;
- широкий диапазон плавного регулирования производительности (от 10 до 100 %), работа на переменных режимах с незначительным изменением КПД;
- отсутствие помпажного режима;
- возможность работы во влажной среде, так как эти машины не боятся гидроударов;
- высокая надежность и значительный моторесурс (нет клапанов и трущихся деталей);
- простота обслуживания, автоматизации и дистанционного управления.

Недостатки:

- высокий уровень шума;
- необходимость охлаждения при средних и высоких степенях повышения давления.

Регулирование холодопроизводительности винтовых компрессоров осуществляется передвижением золотника, перемещаемого вдоль оси роторов. Перемещением его в сторону нагнетания уменьшается рабочая длина винта a , следовательно, производительность. При запуске компрессор полностью разгружается.

2.1.3 Роторно-пластинчатые компрессоры (ротационные)

В аппаратах данного типа (рис. 2.5) перемещение рабочей среды в цилиндрическом корпусе (статоре) происходит за счет вращения ротора с набором подвижных пластин, причем ось ротора не совпадает с осью корпуса. Во время работы ротора центробежная сила отбрасывает пластины от центра и прижимает их к корпусу. Таким образом, в аппарате создаются подвижные рабочие отсеки, ограниченные корпусом ротора и соседними пластинами, в которых происходит сжатие воздуха. Для усиления прижатия пластин к стенкам корпуса могут использоваться специальные пружины. Масло, поступающее для смазки движущихся частей и охлаждения рабочей среды, обеспечивает также герметизацию зазоров между ротором, статором и торцевыми крышками.

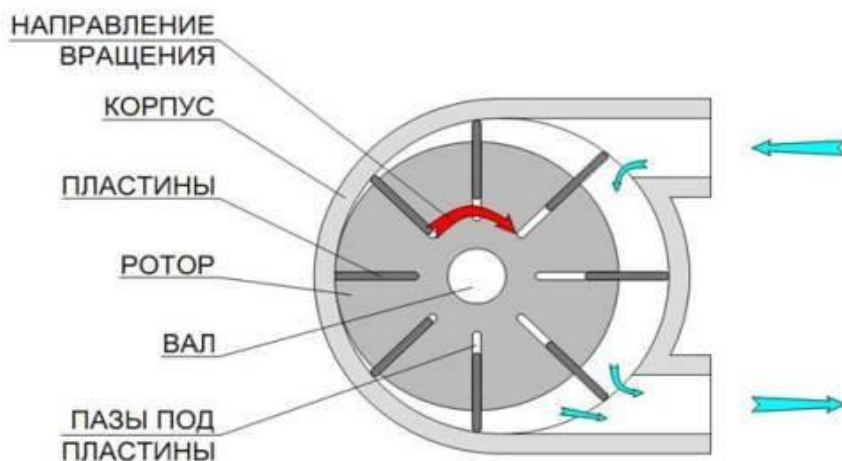


Рис. 2.5. Кинематическая схема роторно-пластинчатых компрессоров

Роторно-пластинчатые компрессоры отличаются пониженным уровнем шума, габаритными размерами. Надежность агрегатов основывается на особенностях его конструкции, отсутствии большого количества движущихся частей, отсутствии осевых нагрузок, обильной смазкой.

2.1.4 Спиральные компрессоры

Принцип действия спиральных компрессоров основан на взаимодействии двух спиралей (рис. 2.6): статора (неподвижная спираль) и спирали эксцентрического движения.

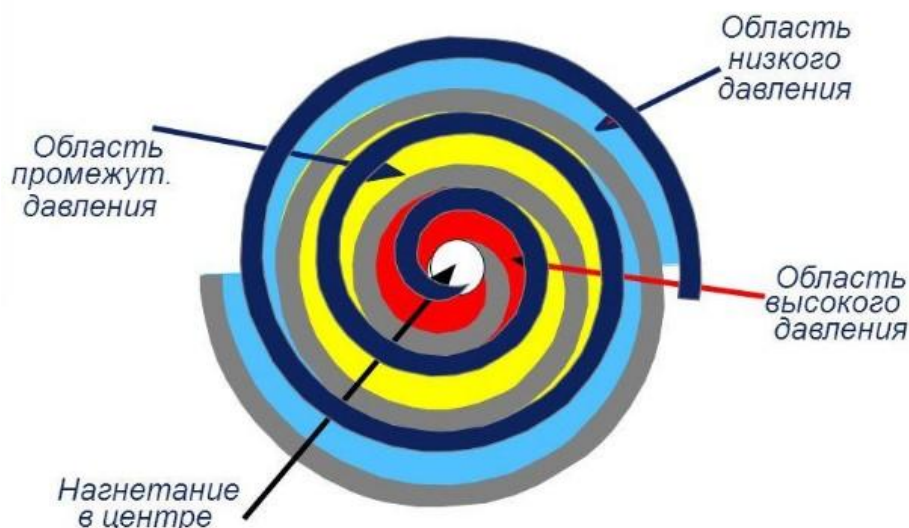


Рис. 2.6. Принцип действия спирального компрессора

Таким образом, происходит перемещение пара из зоны всасывания в зону сжатия. Преимущества: невысокая нагрузка на электродвигатель, не исключая момент пуска, низкие уровни шума и вибрации. На рис.2.7 приведены основные элементы спирального компрессора расположенные внутри корпуса: неподвижная спираль (1), подвижная спираль (2), муфта Олдхэма (3), ротор (4).



Рис. 2.7. Основные элементы спирального компрессора

В сборе спиральный компрессор фирмы Scroll представлен на рис. 2.8.

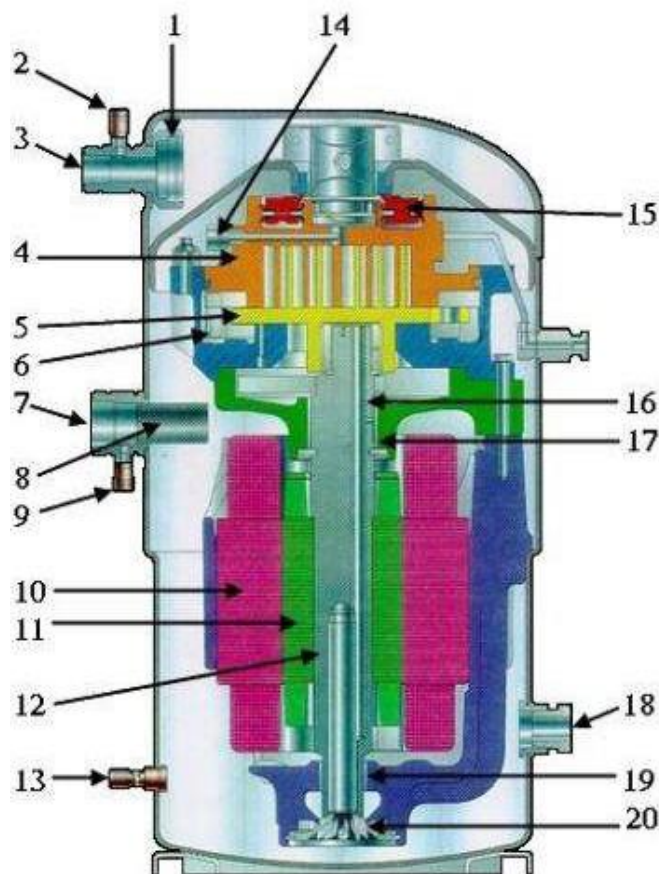


Рис. 2.8. Спиральный компрессор (компрессор Scroll):

- 1 – нагнетающий обратный клапан; 2 – клапан Шредера; 3 – нагнетающий порт;
 4 – неподвижная спираль; 5 – орбитальная спираль; 6 – соединение Олдхэма;
 7 – всасывающий порт; 8 – всасывающий фильтр; 9 – клапан Шредера; 10 – статор;
 11 – ротор; 12 – вал; 13 – клапан Шредера; 14 – нагнетающий датчик; 15 – плавающее
 уплотнение; 16 – проточка для подачи масла; 17 – главный подшипник; 18 – стекло
 уровня масла; 19 – нижний подшипник; 20 – крыльчатка для забора масла и магнит
 для металлических частиц

Спиральные компрессоры имеют следующую классификацию:

- по расположению вала различают вертикальные и горизонтальные спиральные компрессоры;
- по числу ступеней — одно-, двух- и многоступенчатые;
- вид исполнения: герметичный спиральный компрессор (в отличие от открытого или полугерметичного) исключает попадание газа из окружающей среды в компрессор и утечки сжимаемого пара из него;
- по наличию масла: масляный или безмасляный.

Достоинства:

Благодаря своим конструктивным особенностям они имеют некоторые преимущества перед другими типами ХК:

- снижение нагрузки на электродвигатель, особенно в момент его пуска;

- проходя через цилиндрический корпус, хладагент эффективно охлаждает двигатель;
- обеспечивается равномерность подачи газа;
- отличаются высоким уровнем надежности;
- имеют сниженный уровень шумности.

Недостатки:

Наряду с целым рядом преимуществ спиральных компрессоров, они имеют и недостатки, которые мешают внедрять их более активно. Среди наиболее серьезных можно отметить два:

- сложные технология изготовления
- относительно невысокая холодопроизводительность.

При этом нужно отметить, что на рынке сегодня предлагается все большее количество спиральных компрессоров, при постоянном повышении их качества. Стоит ожидать, что в скором времени этот тип оборудования начнет вытеснять другие менее надежные системы.

Спиральные компрессоры чувствительны к загрязнению перекачиваемого газа, поверхность спиралей должна быть практически зеркальной, для обеспечения максимальной герметичности, и, следовательно, компрессии.

Помимо последовательного и параллельного соединения как у других компрессоров, спиральные компрессоры поставляются некоторыми производителями как «тандем», т.е. уже соединенные на общей раме два компрессора (рис. 2.9).

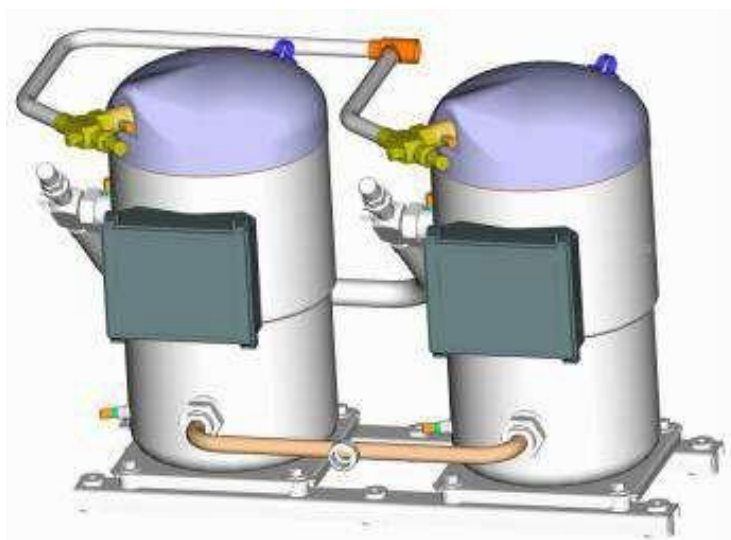


Рис. 2.9. Тандем на базе спиральных компрессоров

В таком варианте уже имеется правильная конфигурация трубопроводов и соединений двух компрессоров. Оба компрессора имеют общую систему смазки. Возможно регулирование производительности путем отключения одного компрессора.

Также все компрессоры возможно подключать в холодильную систему параллельно, для подключения нескольких компрессоров спроектировать

общую систему управления и правильно смонтировать трубопроводы с общими коллекторами.

2.2. Динамические компрессоры

Аппараты данного типа подразделяются на две группы:

- радиальные;
- осевые.

2.2.1. Радиальные (центробежные) компрессоры

Конструкция аппарата состоит (рис. 2.10) из корпуса, внутри которого находится рабочее колесо, установленное на валу. Свое название радиальные компрессоры получили по направлению движения рабочей среды. После начала движения колеса лопатки перемещают пар от оси в радиальных направлениях. Рабочей среде передается кинетическая энергия, которая частично преобразуется в потенциальную энергию давления. Рабочие колеса могут иметь лопатки открытой или закрытой конструкции. Такие агрегаты малошумны, имеют компактные габариты, не подвержены сильной вибрации во время работы.

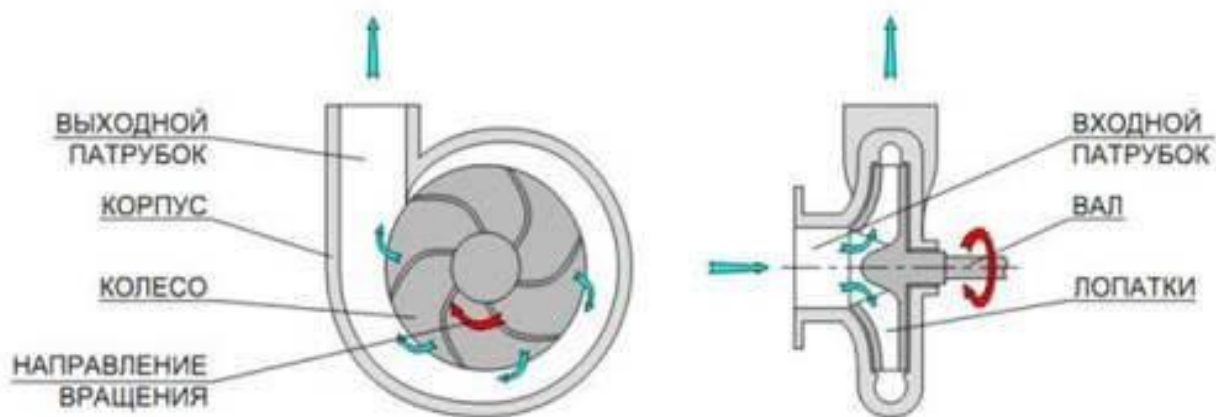


Рис. 2.10. Радиальный (центробежный) компрессор

Центробежные компрессоры холодильных установок могут достигать мощностей до 2 - 3 тыс. кВт, со степенью сжатия (отношением давлений) около 11 (рис. 2.11).

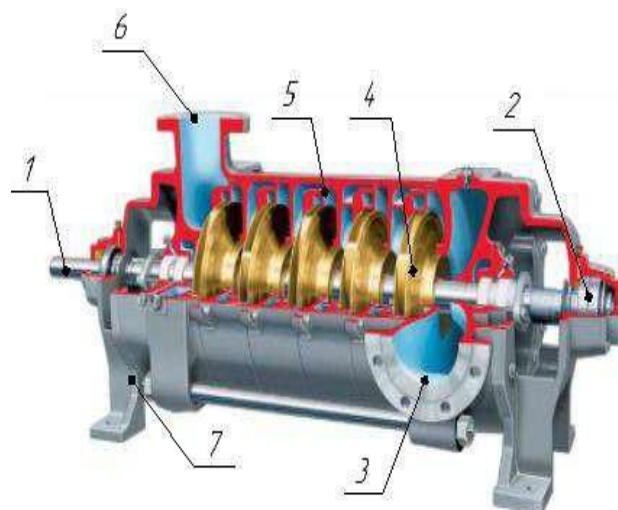


Рис. 2.11. Центробежный компрессор: 1 – вал; 2 – подшипники;
3 – всасывающий патрубок; 4 – лопастные колеса; 5 – лабиринтные уплотнения;
6 – нагнетающий патрубок; 7 – корпус, станина

2.2.2. Осевые компрессоры

Внутри корпуса компрессора на валу установлен ротор (рис. 2.12). При включении агрегата, поступающий пар начинает движение в осевом направлении, проходит через ряд лопаток и претерпевает закручивание. Далее пар попадает в зону, где расположены ряды направляющих лопаток, которые выравнивают направление движение пара и выводят его через направляющие аппараты. Конструкция осевых компрессоров более сложная, чем у радиальных, однако они обладают большим КПД при одинаковых показателях напора пара.

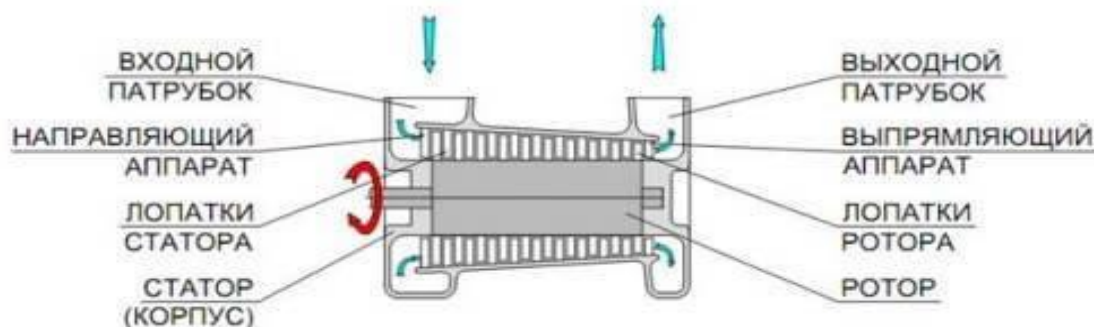


Рис. 2.12. Осевой компрессор

Лекция 3 АППАРАТЫ ПКХМ

Учебные вопросы:

1. Воздухоохладители.
2. Конденсаторы.
3. Испарители.

Вопрос 1. Воздухоохладители

Воздухоохладителем называется теплообменный аппарат, в котором воздух охлаждается посредством кипящего холодильного агента или хладоносителя (водой, соленым раствором).

Таким образом, воздухоохладитель является одной из основных частей холодильной машины или служит элементом холодильной установки, когда в нем используется хладоноситель, полученный в испарителе.

Воздухоохладители применяют при воздушном способе охлаждения камер хранения и в установках воздушного замораживания пищевых продуктов. В том и другом случае воздух, отепленный в холодильной камере или от соприкосновения с пищевыми продуктами, вентилятором прогоняется через воздухоохладитель, в котором охлаждается, и снова возвращается в камеры хранения или замораживания.

Очень многие скоропортящиеся продукты при их длительном хранении нуждаются не только в определенной пониженной температуре, но и в оптимальной влажности воздуха. Кроме того, необходимо постоянно вентилировать охлаждаемые помещения – особенно при хранении фруктов. Все эти условия могут быть созданы применением воздухоохладителей.

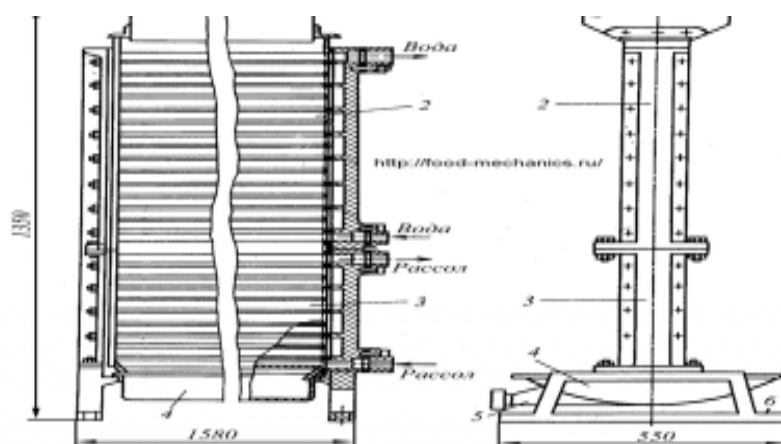
Известны два типа охладителей: трубчатые и оросительные. Трубчатый воздухоохладитель (рис. 3.1 а) представляет собой изолированную камеру, внутри которой на креплении 1 установлена трубчатая система, предназначенная для испаряющего агента или циркуляции хладоносителя.

Жидкий агент или холодный солевой раствор через коллектор 5 подается в трубчатые змеевики. Здесь, поглотив теплоту охлаждения воздуха, продуваемую через камеру воздухоохладителя, хладагент (солевой раствор) через коллектор направляется в испаритель холодильной машины.

С помощью вентилятора 2 воздух подсасывается из охлаждаемого помещения, проходя через него охлаждается и нагнетается в охлаждаемое помещение. Вентиляцию холодильной камеры можно осуществлять при помощи дополнительных воздушных каналов.



Рис. 3.1а. Трубчатый воздухоохладитель



Плоский оросительный охладитель:

1 – корытообразный приёмник; 2 – верхняя секция теплообменных труб; 3 – нижняя секция теплообменных труб; 4 – приёмник; 5 – сливной патрубок; 6 – кронштейн.

Рис. 3.1б. Плоский оросительный охладитель

Оросительные охладители используются для охлаждения жидких сред (молоко, сливки и т.п.). Теплое молоко (сливки) подается в верхнюю часть охладителя (поз.1, рис. 3.1б) и обтекает трубки охлаждающих коллекторов (2,3), где циркулирует охлаждающая вода и рассол, отдавая своё тепло, охлаждается и стекает в приёмник (4) и далее отводится через патрубок (5) потребителю.

Вопрос 2. Конденсаторы

Конденсатор входит в число важнейших частей холодильной машины, без которых невозможно осуществить холодильный процесс. Конденсатор является теплообменным аппаратом, главное назначение его путем изменения агрегатного состояния холодильного агента отвести от последнего теплоту, отнятую агентом от охлаждаемой среды, и теплоту эквивалентную работе сжатия. Внешней средой, которой холодильный агент отдает теплоту $Q_0 + AL$, обычно служит охлаждающая вода (речная, озерная, морская, артезианская) или атмосферный воздух.

Конденсаторы холодильных машин разделяются на:

1. Конденсаторы воздушного охлаждения (в которых отвод тепла осуществляет воздух).
2. Конденсаторы жидкостного охлаждения (отвод тепла с помощью воды или других жидкостей).
3. Конденсаторы испарительного охлаждения (комбинированный отвод тепла: с помощью воздуха, сопровождаемый смачиванием теплообменной поверхности водой).

2.1 Конденсаторы воздушного охлаждения (воздушные конденсаторы) обычно представляют из себя трубчатый змеевик с оребрением (рис. 3.2). Существует и другая конструкция, применяемая в холодильных установках, где конденсатор должен занимать как можно меньше места, это микроканальные конденсаторы, они обладают большей эффективностью (на единицу площади) чем трубчатые, однако имеют большее сопротивление, их конструкция более сложна и стоит дороже, о параметрах, влияющих на гидравлическое сопротивление подробно в этом источнике.

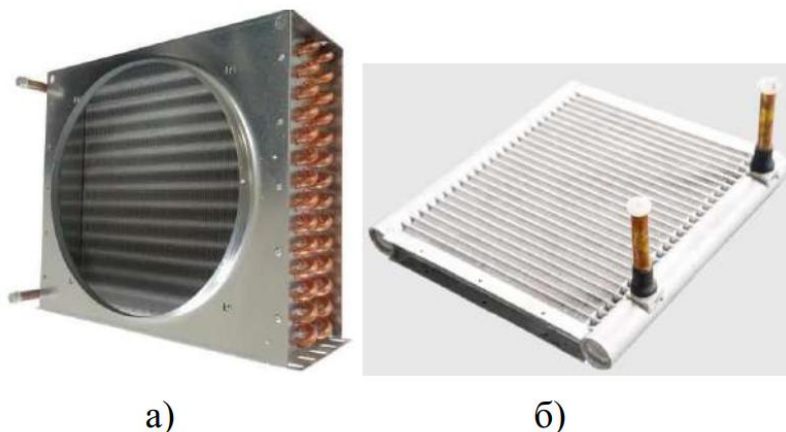


Рис. 3.2. Конденсаторы воздушного охлаждения:
а) с оребрением; б) микроканальный

Обдув конденсатора воздушного охлаждения может быть за счет естественной конвекции воздуха или принудительной, при помощи вентилятора. Более интенсивный обдув конденсатора увеличивает коэффициент теплопередачи, и соответственно его производительность. Конденсаторы с естественной конвекцией из-за ограниченной производительности используют только в небольших установках, в основном в бытовых холодильниках и морозильниках.

Материалы, используемые в конденсаторах: трубы – стальные, медные, алюминиевые; ребра – стальные и алюминиевые. Микроканальные конденсаторы полностью алюминиевые или только с медными патрубками для припаивания к холодильной системе.

В конденсаторах воздушного охлаждения воздух нагревается на $5...6\text{ }^{\circ}\text{C}$ и выходит из конденсатора с температурой на $8...10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ниже температуры конденсации.

Конденсаторы воздушного охлаждения, в которых используют вентиляторы для принудительного воздушного охлаждения, делят на две группы в зависимости от места его расположения: монтируемые на раме самого холодильного агрегата и монтируемые отдельно. Как правило в холодильных установках больших мощностей конденсаторы располагают отдельно.

Батареи конденсаторов (сами теплообменники) обычно монтируют в корпуса для придания им прочности, а также корпус конденсатора служит в качестве воздушного диффузора (необходимого для правильного распределения воздуха в конденсаторе). Важно отметить, что вентилятор в конденсаторах воздушного охлаждения должен работать так, чтобы происходило *всасывание* воздуха через батарею конденсатора и *выдув* воздуха через вентилятор наружу, а не наоборот.

По пространственной ориентации конденсаторы воздушного охлаждения разделяют на: *вертикальные*, *горизонтальные*, *V-образные* (рис. 3.3).



Рис. 3.3. Конденсаторы воздушного охлаждения:
а) вертикальные; б) горизонтальные; в) V-образные

Как правило, патрубок входа хладагента в конденсатор расположен в верхней части теплообменника, а выход в нижней.

Конденсаторы воздушного охлаждения рекомендуют располагать так, чтобы не было воздействия солнца и других источников тепла, это может вызвать снижение эффективности установки в жаркое летнее время.

Чем выше температура атмосферного воздуха по сухому термометру, тем больший требуется конденсатор. При температуре конденсации $43\text{ }^{\circ}\text{C}$ и температуре по сухому термометру $29\text{ }^{\circ}\text{C}$ можно выбрать конденсатор с разностью температур $14\text{ }^{\circ}\text{C}$, а если температура по сухому термометру $32\text{ }^{\circ}\text{C}$, то необходимо выбрать конденсатор с разностью температур $11\text{ }^{\circ}\text{C}$, т. е. конденсатор большего размера.

2.2 Конденсаторы водяного охлаждения представляют из себя теплообменники различных типов

2.2.1. Кожухотрубный конденсатор (рис. 3.4).

Вода подается по трубам, которые расположены в герметичном корпусе (кожухе). Горячий хладагент охлаждается и конденсируется в межтрубном пространстве, непосредственно контактируя с трубами, по которым течет вода.

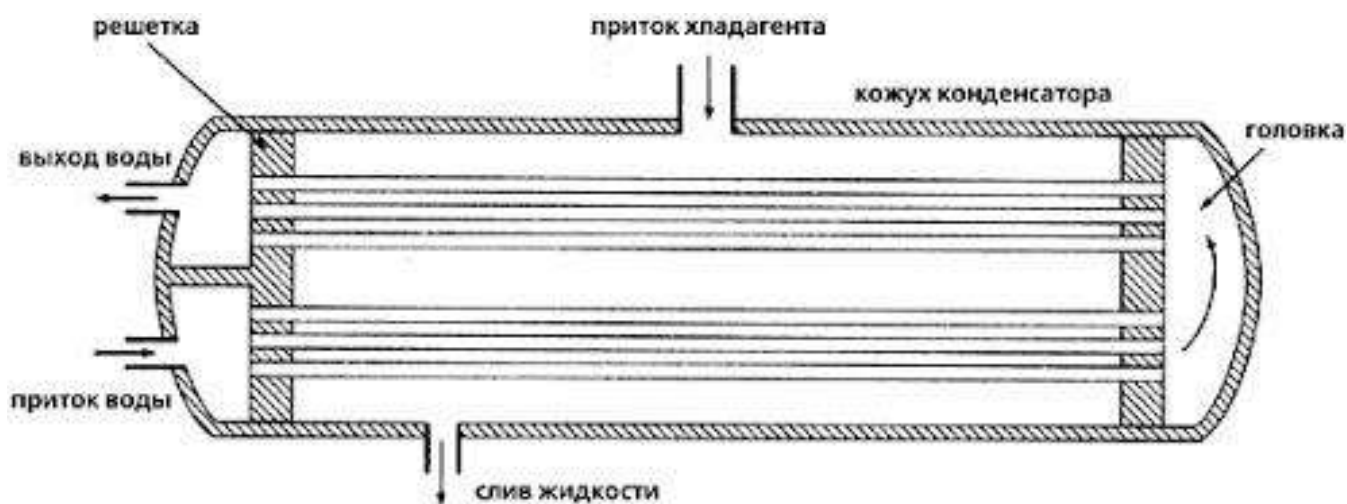


Рис. 3.4. Внутреннее устройство кожухотрубного конденсатора

Они состоят из стального корпуса в форме цилиндра.

Сам кожух разборный и необходима периодическая чистка водяного контура от загрязнений (рис. 3.5).



Рис. 3.5. Кожухотрубный конденсатор

Для увеличения площади теплообмена применяют трубы с внешним и внутренним рифлением.

2.2.2. Конденсаторы типа «труба в трубе»

Конденсаторы типа «труба в трубе» (рис. 3.6) состоят из двух соосных трубок, свернутых в спираль. Хладагент может проходить как по внутренней трубке, так и по внешней, в зависимости от конкретной модели теплообменника.

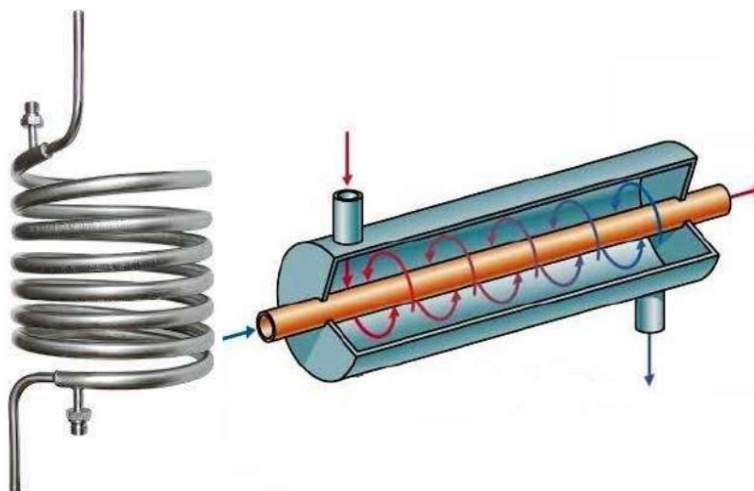


Рис. 3.6. Конденсаторы типа «труба в трубе»

Конденсаторы такого типа применяют в холодильных установках небольших мощностей.

Также трубки могут иметь рифления, применение рифления труб хоть и увеличивает эффективность теплообмена, но и усиливает загрязнение стенок труб со стороны воды, а также увеличивает гидравлическое сопротивление.

2.2.3. Пластинчатый конденсатор

В этом типе конденсатора теплообмен происходит в пространстве между пластинами (рис. 3.7). Также, как и в других теплообменниках имеется два контура: контур воды, и контур хладагента. Пластины выполнены с рифлением. Данный тип конденсаторов имеет наибольшее гидравлическое сопротивление и при этом наибольшую эффективность в сравнении с другими ти-

пами теплообменников, из-за рифленой поверхности пластин и малого пространства между пластинами.

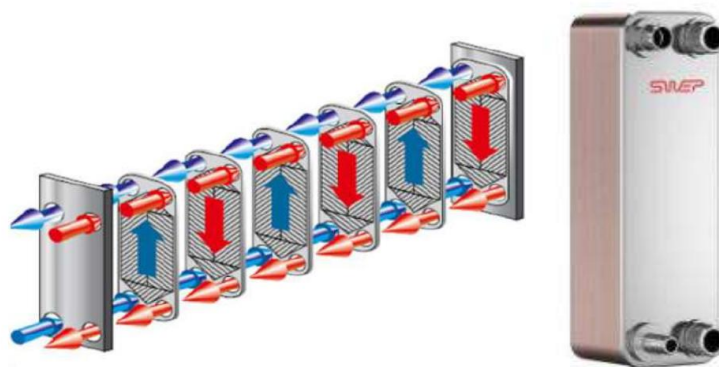


Рис. 3.7. Пластиначатый конденсатор

Для конденсаторов водяного охлаждения минимальный температурный напор между температурой конденсации и температурой охлаждающей воды на выходе из конденсатора должен находиться в пределах 3...5 К.

Регулирование производительности водных конденсаторов осуществляется путем изменения расхода воды. Если расход охлаждающей жидкости слишком мал, то поток жидкости будет ламинарным, а не турбулентным, как и должно быть, то коэффициент теплопередачи будет низким.

К *преимуществам* конденсаторов водяного охлаждения относят: высокую эффективность, малые габариты по сравнению с воздушными. Также в жидкостных конденсаторах можно использовать водопроводную воду, которая используется на предприятии для обычных нужд, однако для такого подхода нужен постоянный расход использованной воды, т.е. она должна обновляться.

К *недостаткам*: наличие дополнительного контура циркуляции, использование водных ресурсов, загрязнение, окисление водяного контура (дополнительное обслуживание насосов, чистка теплообменника, фильтров).

В холодильных машинах с конденсаторами водяного охлаждения давление конденсации поддерживается с помощью изменения подачи воды. Изменение подачи воды осуществляется с помощью водорегулирующего вентиля установленного на входе воды в конденсатор, а штуцер кожуха сильфона вентиля соединяется трубкой с нагнетательным трубопроводом. При увеличении тепловой нагрузки на конденсатор повышается давление конденсации, которое воздействует на сильфон и расход воды через канал вентиля увеличивается. Это приводит к стабилизации давления конденсации. При остановке компрессора давление в конденсаторе уменьшается и водорегулирующий вентиль закрывается.

Для экономии расхода водопроводной воды, охлаждающий конденсатор, применяют систему оборотного водоснабжения. Отопленная в конденсаторе вода стекает в сборный бак. За тем подаётся насосом в коллектор градирни,

форсунками которого распыляется и орошает насадку из металлических пластин.

Наиболее распространены вентиляторные градирни, в которых поток воздуха создается осевым вентилятором (рис. 3.8).

Процесс охлаждения происходит за счет испарения части воды при стекании ее тонкой пленкой по специальному оросителю — ячеистой структуре, вдоль которой в противоположном движению воды направлении подается поток воздуха.

Испарение 1 % воды приводит к снижению температуры остальной части воды примерно на 6 К. Охлажденная вода в виде капель стекает в поддон, откуда насосом подается обратно к конденсатору.

Основным преимуществом вентиляторной градирни является то, что она позволяет охлаждать воду до температур ниже, чем температура окружающей среды (температура воздуха по сухому термометру).

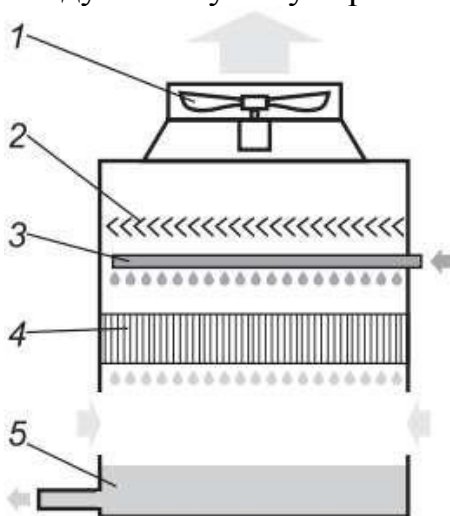


Рис. 3.8. Вентиляторная (мокрая) градирня:
1 – вентилятор; 2 – каплеотбойник; 3 – водораспределительная система; 4 – блок оросителя; 5 – поддон

Недостатки вентиляторных градирен:

- Требуется подпитка водой как для компенсации испарения и уноса воды, так и для промывки, необходимой для снижения концентрации солей в воде. Суммарные потери составляют примерно 1,5–2 % от расхода воды.

- Не работают на антифризах, так как концентрация из-за испарения воды изменяется.

- Требуется дорогостоящая система водоподготовки для большинства регионов, так как есть ограничения по жесткости воды.

Основные *неисправности* водяных конденсаторов:

1. Потеря герметичности (утечка воды или хладагента);

2. Неисправности контура циркуляции (неисправности насосов, фильтров).

3. Загрязнение теплообменной поверхности.

2.2.4 Конденсаторы испарительного охлаждения

По сути, конденсатор испарительного охлаждения – это конденсатор воздушного охлаждения, в котором теплообменная поверхность орошается водой. Испарение воды на теплообменной поверхности вызывает повышение эффективности теплообмена. Существует два типа таких конденсаторов: с распылением и с увлажнением (рис. 3.9).

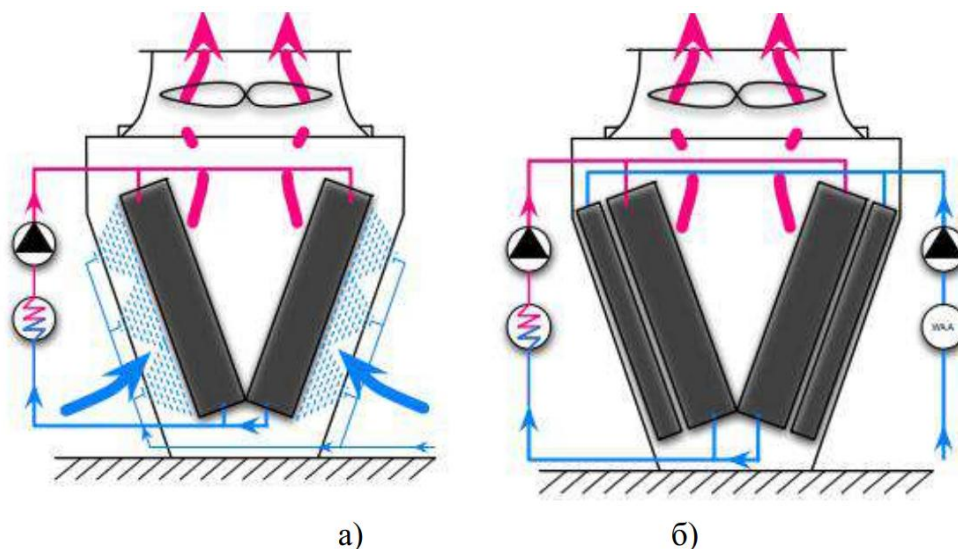


Рис. 3.9. Гидравлический контур испарительных конденсаторов:
а) с распылением воды; б) с увлажнением воздуха

Основной проблемой конденсаторов испарительного типа является образование осадка (накипи в виде твердых отложений) на теплообменной поверхности при длительной эксплуатации. В связи с этим применяют схему, в которой орошение происходит не на саму поверхность теплообменника, а на специальные панели, которые используются как расходный материал. Эти панели служат в роли «влажного фильтра», т.е. воздух проходя через эти панели увлажняется и охлаждается перед тем как взаимодействовать с самим конденсатором. Это позволяет снизить температуру воздуха на входе в конденсатор в среднем на 5...10 °С. Орошение и увлажнение осуществляется в жаркое летнее время, при высоких температурах окружающей среды.

Преимуществом такого решения является: увеличение производительности конденсатора, защита от слишком высоких температур конденсации. К *недостаткам* таких схем можно отнести: загрязнение и забивание теплообменных поверхностей при длительной эксплуатации, расход воды из-за испарения, дополнительные расходы на контур циркуляции и орошение воды, есть необходимость в водоподготовке.

Вопрос 3. Испарители

Испаритель так же, как и конденсатор, является одной из важнейших частей холодильной машины. Испаритель представляет собой теплообмен-

ный аппарат, назначение которого путем изменения агрегатного состояния холодильного агента отвести теплоту от охлаждаемой среды.

Испарители разделяют по типу охлаждаемой среды на:

- Испарители для охлаждения жидкостей (теплоносителей, жидких технологических продуктов);

- Испарители для охлаждения воздуха или газообразных продуктов;

Обычно, под испарителем подразумевают теплообменный аппарат, в котором происходит кипение хладагента. Испарители для охлаждения воздуха называют – воздухоохладителями или батареями. А при упоминании испарителей для охлаждения технологических продуктов обычно используют название охладитель, например, молокоохладитель.

По способу циркуляции охлаждаемой среды испарители бывают:

- с естественной циркуляцией (батареи без вспомогательных устройств);
- с вынужденной циркуляцией (использование вентиляторов, насосов);

По характеру заполнения хладагентом:

- затопленные (хладагент заполняет весь объем труб, и подача хладагента происходит снизу);

- незатопленные или сухие (подача хладагента сверху вниз);

Наиболее распространены сухие испарители, так как для их работы необходимо меньшее количество хладагента в системе.

По конструктивному исполнению испарители делят:

- на ребристотрубные;
- листотрубные и пластинчатые;
- гладкотрубные (кожухотрубные);
- пластинчатые.

Испарители для охлаждения жидких теплоносителей или так называемые жидкостные испарители, применяют для охлаждения промежуточного хладоносителя кипящим хладагентом.

Промежуточный хладоноситель применяют в холодильных системах с большим количеством потребителей, при необходимости в расположении холодильной установки на некотором расстоянии от охлаждаемого объекта, при проектировании централизованной системы хладоснабжения, примером таких систем является «чиллерная система», сама холодильная установка, предназначенная для охлаждения жидкого хладоносителя называется «чиллер» (рис. 3.10).

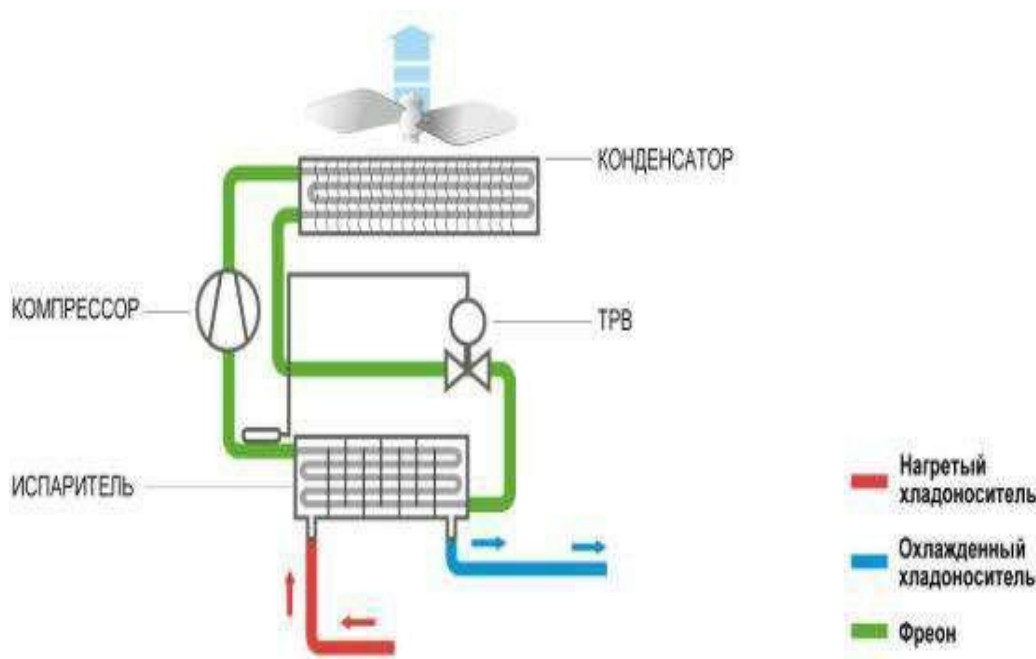


Рис. 3.10. Элементы чиллерной системы

В качестве промежуточного теплоносителя используется: вода, солевой раствор (рассол), антифриз. Последние два используются при температурных режимах, при которых есть риск замерзания воды (ниже 0 °С).

С увеличением концентрации растворов этилен или пропиленгликоля, происходит уменьшение удельной теплоемкости жидкости.

В конструктивном плане жидкостные испарители, как и конденсаторы, бывают:

- пластинчатые;
- кожухотрубные;
- трубчатые (испарители типа «труба в трубе»).

Пластинчатые испарители существуют в двух вариантах:

- разборные (рис. 3.11, а), в которых пакет пластин поджимается двумя плитами, их можно разбирать, чистить менять уплотнения между пластинами;

- неразборные (рис. 3.11, б), в которых пластины спаяны между собой и корпусом, очистка таких испарителей возможна только химическим способом. Два соединения для подключения воды и другие два (обычно под пайку) для холодильного контура;

- химическим способом. Два соединения для подключения воды и другие два (обычно под пайку) для холодильного контура.

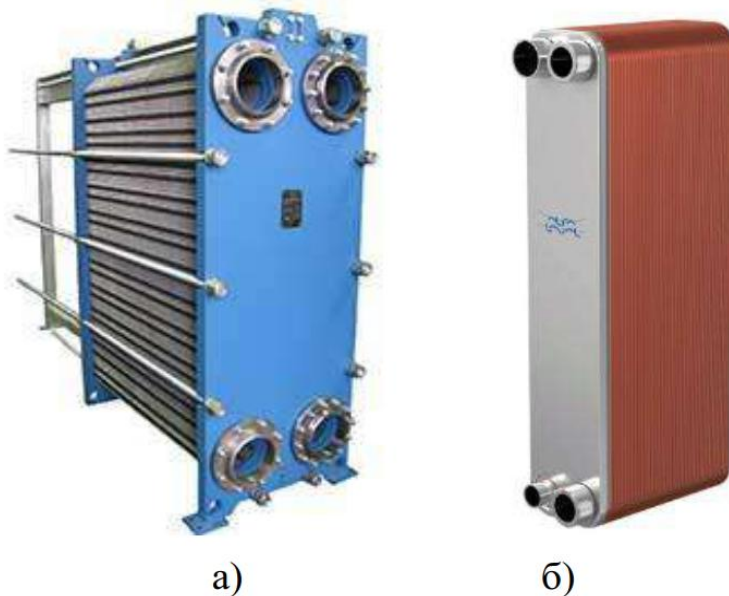


Рис. 3.11. Конструкция пластинчатых испарителей

Пластинчатый испаритель может иметь один или два контура холодильного агента для параллельного подключения двух холодильных машин. Это делается с целью возможности изменения холодопроизводительности теплообменника.

Пластинчатые испарители:

- обладают высокой эффективностью;
- имеют большие потери давления;
- отличаются небольшими размерами (например, испаритель мощностью 85 кВт имеет габариты 617x188x101 мм);
- менее устойчивы к засорению и замерзанию чем кожухотрубные.

Кожухотрубные теплообменники являются наиболее распространенным видом теплообменных аппаратов из встречающихся в качестве испарителей, конденсаторов, охладителей и нагревателей в различных отраслях промышленности.

Кожухотрубные испарители конструктивно выполнены как кожухотрубные конденсаторы, только с разницей в том, что в кожухотрубных конденсаторах горячей, охлаждаемой средой является хладагент, тогда как в испарителях охлаждаемая среда вода.

Кожухотрубный испаритель выполнен в виде длинного цилиндра (кожуха) с пучком труб внутри. Хладагент подается в межтрубное пространство, а хладоноситель циркулирует по трубкам (рис. 3.12).

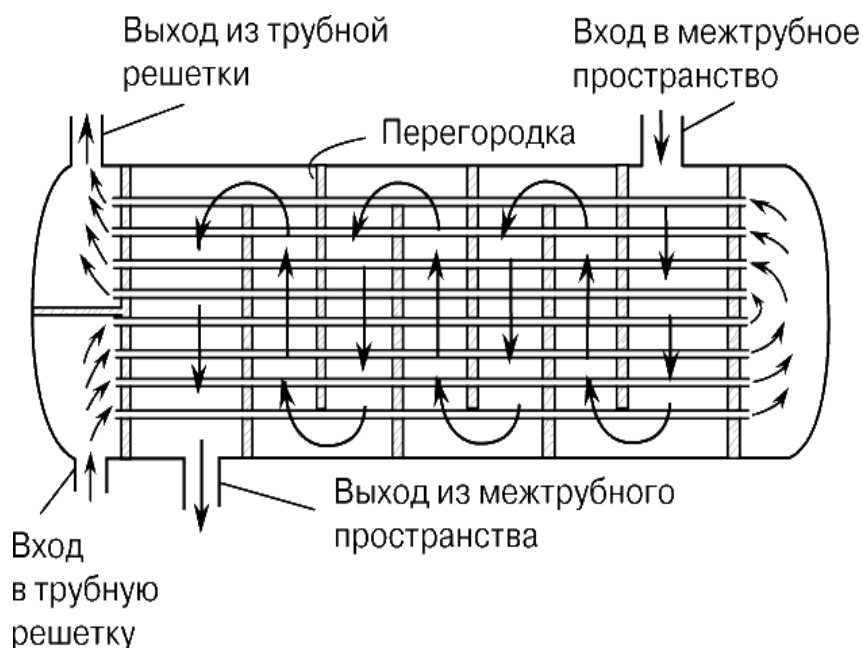


Рис. 3.12. Кожухотрубный испаритель

Кожухотрубные испарители бывают:

1. Горизонтальные и вертикальные.
2. С прямыми, U-образными, ребристыми и гладкими трубками.
3. Двухтрубные («труба в трубе»).

Испарители кожухотрубного типа отличаются широким диапазоном температурных режимов; надежностью и большим запасом прочности, что дает устойчивость к гидроударам; ремонтпригодностью; простотой обслуживания и безопасностью эксплуатации.

К недостаткам относят их большие габаритные размеры, и связанные с этим материалоемкость и высокую стоимость.

Испарители, используемые для охлаждения технологических продуктов, наиболее распространены в:

1. Химическом и нефтеперерабатывающем производстве:

- для охлаждения газов и жидкостей;
- переработка попутного нефтяного газа (низкотемпературная сепарация);
- в процессах кристаллизации, дистилляции и ректификации химических продуктов.

2. Пищевой отрасли:

- конечным этапом после любой термообработки пищевых продуктов является охлаждение;
- в процессах пастеризации и стерилизации молочных продуктов;
- при изготовлении многих пищевых продуктов, например, сливочного масла (маслоизготовитель), мороженого (фризер);
- мясная и рыбная промышленность.

Такие испарители отличаются тем, что проектируются специально под определенную технологию. И должны отвечать определённым требованиям необходимым для осуществления определенных технологических процессов.

К таким *требованиям* можно отнести:

1. Работа при определенных *температурах* и *давлениях*, присущих технологическому процессу.

2. *Определенной скорости обработки* (шоковая заморозка в рыбной промышленности).

3. *Инертность материалов* к воздействию со стороны технологических продуктов, например, при работе с агрессивными кислотами.

4. Соответствие *санитарно-гигиеническим требованиям, требованиям безопасности* производства.

Контрольные вопросы для самоконтроля

1. Назначение отделителей жидкости в ХМ.
2. Какой закон физики применяется в отделителях жидкости?
3. Назначение маслоотделителей в ХМ.
4. Какие типы маслоотделителей применяются в ХМ?
5. Назначение фильтров в ХМ.
6. Назначение промежуточных сосудов и где они применяются?
7. Назначение линейного ресивера.
8. Назначение дренажного ресивера.
9. Назначение рециркуляционного ресивера.
10. Назначение защитного ресивера.
11. Назначение регенеративного теплообменника.

Лекция 4

ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН И УСТАНОВОК

Учебные вопросы:

1. Отделители жидкости.
2. Маслоотделители.
3. Фильтры.
4. Промежуточные сосуды. Ресиверы.
5. Насосы.
6. Регенеративные теплообменники.

К вспомогательному оборудованию относятся:

- отделители жидкости;
- маслоотделители;
- фильтры;
- промежуточные сосуды;
- ресиверы;
- теплообменники.

Их назначение - обеспечение стабильной и безопасной работы холодильных установок.

Вопрос 1. Отделители жидкости

Отделители жидкости (рис. 4.1) предназначены для улавливания капель жидкости, которые содержатся в парожидкостной смеси холодильного агента, поступающего из испарителей. Тем самым они защищают компрессор от опасного режима работы при попадании в цилиндр жидкости вместе с паром холодильного агента, обеспечивают сухой ход компрессора, приближая тем самым режим холодильной машины к расчетному. Капли жидкости осаждаются в этих аппаратах вследствие резкого уменьшения скорости и изменения направления движения потока парожидкостной смеси на 90° , 180° . Отделители жидкости устанавливаются только на панельных испарителях и в некоторых системах охлаждения фруктохранилищ. При использовании охлаждающих систем с принудительной циркуляцией холодильного агента жидкость отделяется в циркуляционном ресивере.

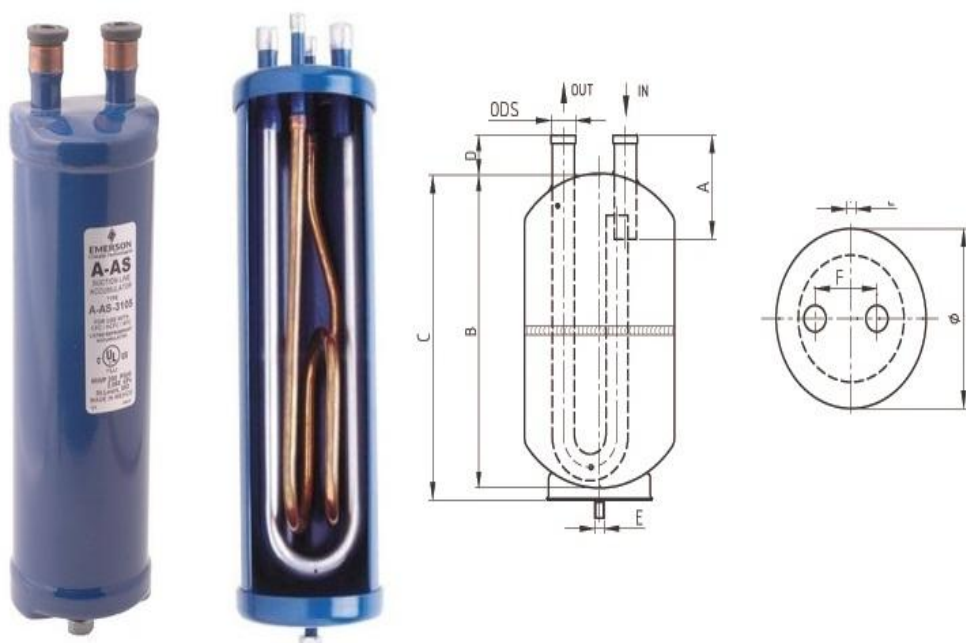


Рис. 4.1. Отделитель жидкости

Вопрос 2. Маслоотделители

Маслоотделители предназначены для отделения масла, уносимого холодильным агентом из компрессора. Масло увлекается агентом, как в виде капель, так и в парообразном состоянии. Уменьшение масляной пленки приводит к повышению эффективности теплообменных аппаратов.

Маслоотделители подразделяются на промывные и инерционные.

В *промывных маслоотделителях* пар проходит через слой жидкого холодильного агента. При этом он охлаждается в результате испарения части жидкости и освобождается от масла. Степень отделения от масла составляет 85 - 90 %.

В *инерционных маслоотделителях* происходит инерционное отделение масляных капель в результате резкого изменения скорости и направления потока, а также действия центробежной силы. Степень отделения масла в таких маслоотделителях доходит до 80 %.

Маслоотделитель представляет собой сварной вертикальный сосуд, заполненный до определенного уровня жидким аммиаком, через который проходят пары аммиака. Очистившись от масла, пары аммиака выводятся из сосуда. Обозначения промывных отделителей: 50 ОММ-300 ОММ (О – отделитель, М – масло, М – модернизированный, цифры перед буквами означают диаметр условного прохода входного и выходного патрубков).

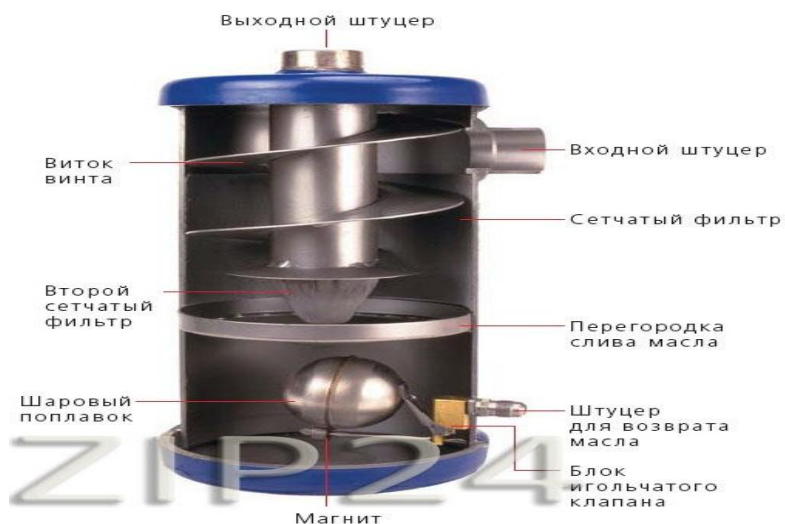
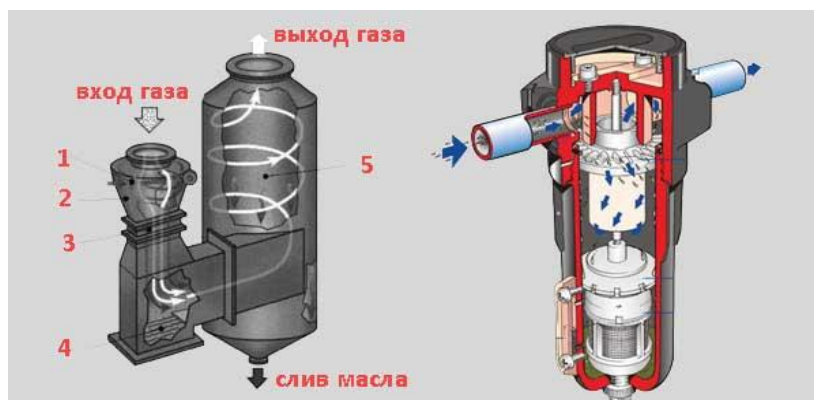


Рис. 4.2. Инерционный маслоотделитель

Вопрос 3. Фильтры

Фильтры на всасывающей линии компрессора, или *грязеуловители*, предназначены для защиты поверхности цилиндров от повреждения при попадании в них ржавчины, окалины и других частиц.

Сетчатый фильтр «грязевик» испарителя должен быть установлен на входе теплоносителя в аппарат, в непосредственной близости от испарителя. Несмотря на то, что система холодоснабжения, в соответствии с требованиями производителя оборудования, должна быть заполнена подготовленным теплоносителем, сетчатый фильтр предотвращает попадание грязи из трубной системы в испаритель. Отказ от выполнения этого требования может повлечь за собой попадание грязи, продуктов коррозии и шлама трубной системы в аппарат, что приводит к ухудшению процессов теплообмена в испарителе, с одной стороны. С другой — увеличение гидравлического сопротивления испарителя вследствие его забивки загрязнениями приводит к уменьшению расхода через испаритель, что, в конечном счете, может привести к аварийной остановке компрессора по защите от замораживания испарителя или по низкому давлению (LP) в холодильном контуре. Многократное срабатывание этих защит, особенно последней, без анализа и выяснения возможной

причины аварии на практике может привести и, как правило, приводит к выходу из строя компрессора чиллера.

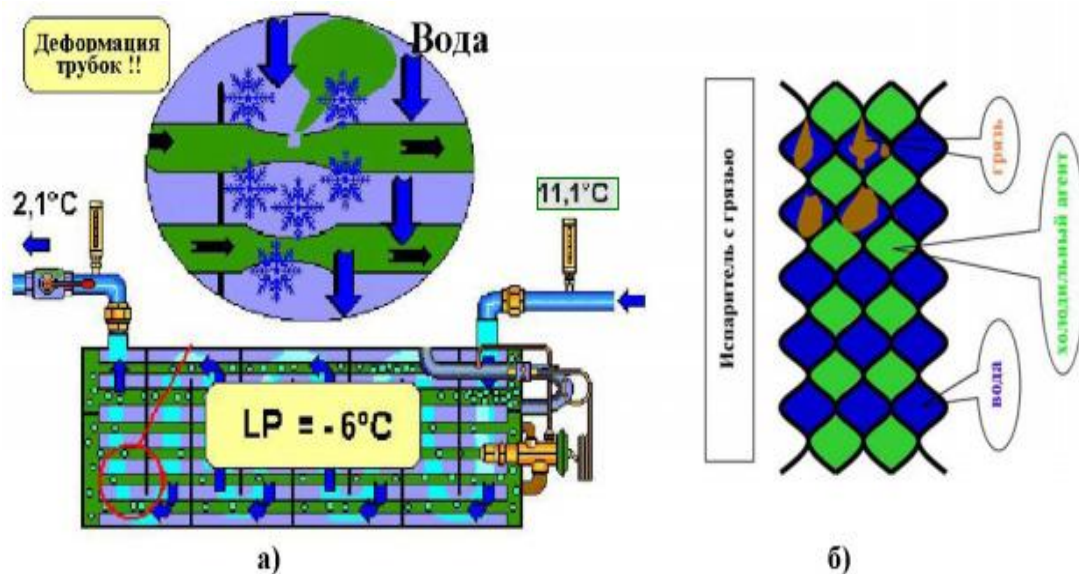


Рис. 4.3. Локальное замораживание каналов испарителя:
а) кожухотрубного испарителя при малых расходах воды;
б) паянного пластинчатого испарителя при «забивке» каналов грязью и шламом



Рис. 4.4. Грязеуловитель

Особо необходимо подчеркнуть обязательность установки сетчатого фильтра «грязевика» тонкой очистки с малым размером ячейки (размер ячейки порядка 50 мк) перед паянным пластинчатым теплообменником-испарителем. Указанные аппараты обладают высокой эффективностью теплообмена при небольших массогабаритных (в сравнении с традиционными кожухотрубными теплообменниками) характеристиках, т.е. имеют тонкие каналы и малый внутренний объем со стороны теплообменных сред. При работе в составе циркуляционного контура паянные пластинчатые теплообменники очень «критичны» к малейшим загрязнениям и наличию воздуха в теплоносителе — возможно локальное «замораживание» отдельных каналов

(рис. 4.3), внутренняя разгерметизация теплообменника при неоднократных аварийных остановках и попадание теплоносителя (воды или растворов низкотемпературных жидкостей) в холодильный агент компрессора с последующим выходом из строя последнего.

Вопрос 4. Промежуточные сосуды. Ресиверы



Рис. 4.5. Линейный ресивер

Дренажные ресиверы служат для слива жидкого холодильного агента из аппаратов и трубопроводов холодильной установки при эксплуатации и ремонте.

Циркуляционные ресиверы используют в насосно-циркуляционных схемах питания испарительных систем жидким холодильным агентом. Они являются резервуаром, постоянно содержащим жидкий холодильный агент в количестве, обеспечивающем непрерывную работу циркуляционного насоса, подающего жидкость в испарители. Ресиверы устанавливают на стороне низкого давления ниже отметки, на которой размещается все оборудование испарительной системы. Это обеспечивает свободный слив жидкости из испарителей и отделителей жидкости.

Защитные ресиверы вместе с отделителем жидкости, который устанавливают на всасывающем трубопроводе между испарителями и компрессором, служат для защиты компрессоров от гидравлических ударов. Применяют их в безнасосных системах питания испарителей жидким холодильным агентом. Горизонтальные ресиверы типа РД (Р – ресивер, Д – дренажный). Ресиверы РД используют как линейные, дренажные, циркуляционные и защитные. Ресиверы РДВ (В – вертикальный) – как циркуляционные и защитные.

Вопрос 5. Насосы

Насосы холодильных установок предназначены для циркуляции охлаждающей воды в оборотных системах водоснабжения, промежуточного хладоносителя (рассол или ледяная вода), а также жидкого аммиака в насосно-

циркуляционных системах. Для жидкого аммиака применяют специальные аммиачные бессальниковые насосы.



Рис. 4.6. Насос холодильной установки

Вопрос 5. Регенеративные теплообменники

Регенеративные теплообменники для хладоновых машин необходимы для переохлаждения жидкого холодильного агента и перегрева парообразного хладона, поступающего из испарителя в компрессор.

Теплообменник представляет собой стальной сварной кожух в виде отрезка трубы с приваренными к ее торцам сферическими доньями. Внутри трубы (кожуха) помещен змеевик из медной трубки. Концы змеевика выведены из кожуха через отверстия в доньях. Жидкий хладон проходит через теплообменник внутри змеевика, а парообразный – в кожухе, омывая наружную поверхность змеевика. Движение жидкости и пара осуществляется противотоком.

В малых холодильных машинах, применяемых для бытовых холодильников, функцию теплообменника выполняют спаянные между собой на некотором участке трубки: капиллярная, по которой жидкий хладон направляется к испарителю, и отсасывающая, по которой проходит в противоположном направлении холодильный пар из испарителя к компрессору.

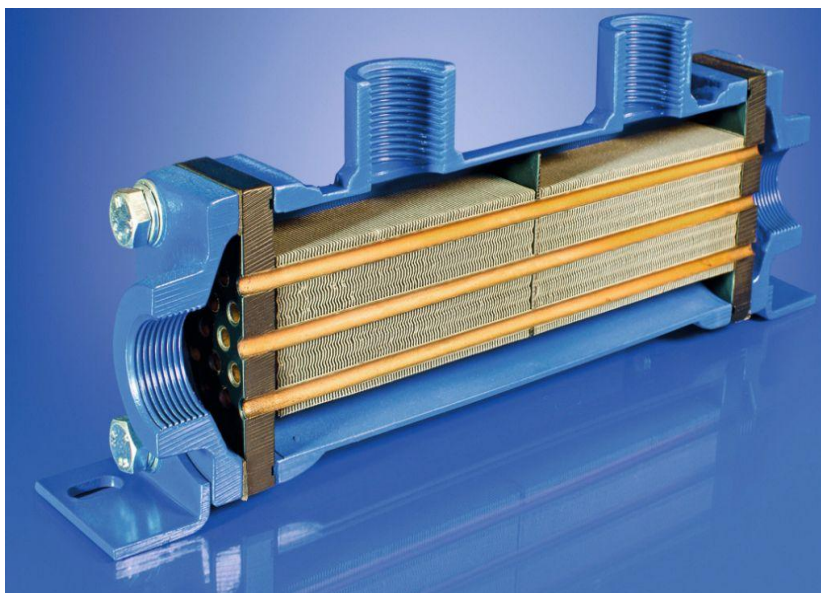


Рис. 4.7. Регенеративный теплообменник

Контрольные вопросы для самоконтроля

1. Назначение воздухоохладителя (ВО).
2. Где устанавливается трубчатый ВО?
3. Какие параметры воздуха регулируются ВО?
4. Назначение конденсатора ХМ.
5. При одинаковых МГП у каких K_H тепловая мощность больше: с оребрением или микрокапельных?
6. При одинаковых МГП у каких K_H тепловая мощность меньше: водяных или воздушных?
7. Какую функцию выполняет градирня в схеме обратной охлаждающей воды K_H ?
8. Какой основной недостаток градирни «мокрого» типа?
9. Назначение испарителя в ХМ.
10. Какие недостатки присущи испарителям кожухотрубного типа?

Лекция 5

КЛАПАНЫ ПКХМ

Учебные вопросы:

1. Водяные клапаны серий WVFX, WVO, WVS.
2. Водяные клапаны серии AVTA.
3. Невозвратный (обратный клапан) серии NRV. Запорные вентили серии BML и RVL.
4. Смотровое стекло серии SGN/ SGR.
5. Соленоидный вентиль серии EVR.
6. Клапан Шрадера.

Вопрос 1. Водяные клапаны серии WVFX, WVO, WVS

Водяные клапаны *WVFX, WVO, WVS* с управлением по давлению применяются для регулирования расхода воды через охлаждаемый водой конденсатор холодильной установки. Это позволяет плавно регулировать давление конденсации и поддерживать его практически постоянным во время работы холодильной установки. При остановке холодильной системы трубопровод охлаждающей воды перекрывается автоматически.



Рис. 5.1. Водяной клапан WVFX (Danfoss)



Рис. 5.2. Водяной клапан WVO (Danfoss)

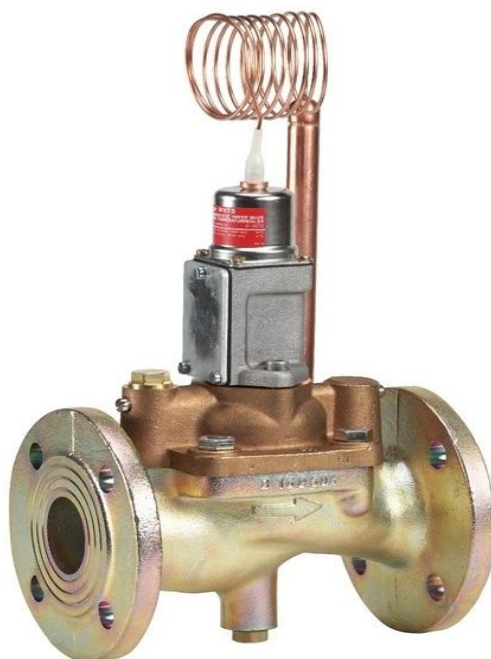


Рис. 5.3. Водяной клапан WVS (Danfoss)

Линейка WVFX, WVO и WVS				
Тип клапана	Штуцеры		Диапазон, бар	Кодовый номер
	Сторона воды в EUR ISO 228-1	Сторона конденсатора		
Клапаны WVFX, коммерческое применение				
WVFX 10	G 3/8	1/4 " / 6 мм под бортовку	3,5–16	003N1100
WVFX 10	G 3/8	1/4 " / 6 мм под бортовку	4,0–23	003N1105
WVFX 15	G 1/2	1/4 " / 6 мм под бортовку	3,5–16	003N2100
WVFX 15	G 1/2	1/2 " / 1 мм SAE под бортовку	4,0–23	003N2205
WVFX 15	G 1/2	1/4 " / 6 мм под бортовку	4,0–23	003N2105
WVFX 20	G 3/4	1/4 " / 6 мм под бортовку	3,5–16	003N3100
WVFX 20	G 3/4	1/4 " / 6 мм под бортовку	4,0–23	003N3105
WVFX 25	G 1	1/4 " / 6 мм под бортовку	3,5–16	003N4100
WVFX 25	G 1	1/4 " / 6 мм под бортовку	4,0–23	003N4105

Линейка WVFX, WVO и WVS

Тип клапана	Штуцеры		Диапазон, бар	Кодовый номер
	Сторона воды в EUR ISO 228-1	Сторона конденсатора		
		бортовку		
WVFX 32	G 1 1/4	1/4 " / 6 мм под бортовку	4,0–17	003F1232
WVFX 40	G 1 1/2	1/4 " / 6 мм под бортовку	4,0–17	003F1240

Клапаны WVFX с корпусами из нержавеющей стали

WVFX 15	G 1/2	1/4 " / 6 мм под бортовку	3,5–16	003N2101
WVFX 15	G 1/2	1/4 " / 6 мм под бортовку	4,0–23	003N2104
WVFX 20	G 3/4	1/4 " / 6 мм под бортовку	4,0–23	003N3104
WVFX 25	G 1	1/4 " / 6 мм под бортовку	3,5–16	003N4101
WVFX 25	G 1	1/4 " / 6 мм под бортовку	4,0–23	003N4104

Клапаны WVO, коммерческое применение

WVO 10	G 3/8	1/4 " / 6 мм под бортовку	8–12	003N5203
WVO 10	G 3/8	1/4 " / 6 мм под бортовку	14–18	003N5206
WVO 10	G 3/8	1/4 " / 6 мм под бортовку	16–20	003N5207
WVO 15	G 1/2	1/4 " / 6 мм под бортовку	14–18	003N5216

Компоненты для клапанов WVS

Тип регулятора	Штуцеры ISO 228-1	Кодовый номер				
		Корпус клапана	Управляющий клапан²⁾	Управляющий клапан для R410A и R744 (CO2)³⁾	Комплект фланцев³⁾	Пружина для диапазона давлений от 1 до 10 бар
WVS 32	G 1 1/4	016D5032	016D1017	016D1018	-	016D1327
WVS 40	G 1 1/2	016D5040	016D1017	016D1018	-	016D0575
WVS 50	Под свар-	016D5050 ¹⁾	016D1017	016D1018	027N3050	016D0576

Линейка WVFX, WVO и WVS						
Тип клапана	Штуцеры			Диапазон, бар	Кодовый номер	
	Сторона воды в EUR ISO 228-1	Сторона конденсатора				
	ку, фланец 2 "	)				
WVS 65	Под сварку, фланец 2 1/2 "	016D5050 ¹)	016D1017	016D1018	027N3065	016D0577
WVS 80	Под сварку, фланец 3 "	016D5080 ¹)	016D1017	016D1018	027N3080	016D0578
WVS 100	Под сварку, фланец 4 "	016D5100 ¹)	016D1017	016D1018	027N3100	016D0579
Дополнительные принадлежности						
Описание					Кодовый номер	
Капиллярная трубка ¼" (6 мм) длиной 1 м с накидными гайками на каждом конце					060-017166	
Кронштейн для клапана WVFX 10x25					003	

Вопрос 2. Водяные клапаны серии AVTA

Водяные клапаны AVTA с управлением по температуре применяются для непрерывного регулирования расхода воды через охлаждаемый водой конденсатор холодильной установки в соответствии с уставкой и показаниями температурного датчика. Водяные клапаны AVTA являются регуляторами прямого действия и не требуют для работы дополнительной энергии, например, электричества. Заданная температура поддерживается с минимально возможным расходом воды через конденсатор.



Рис. 5.4. Водяной клапан AVTA (Danfoss)

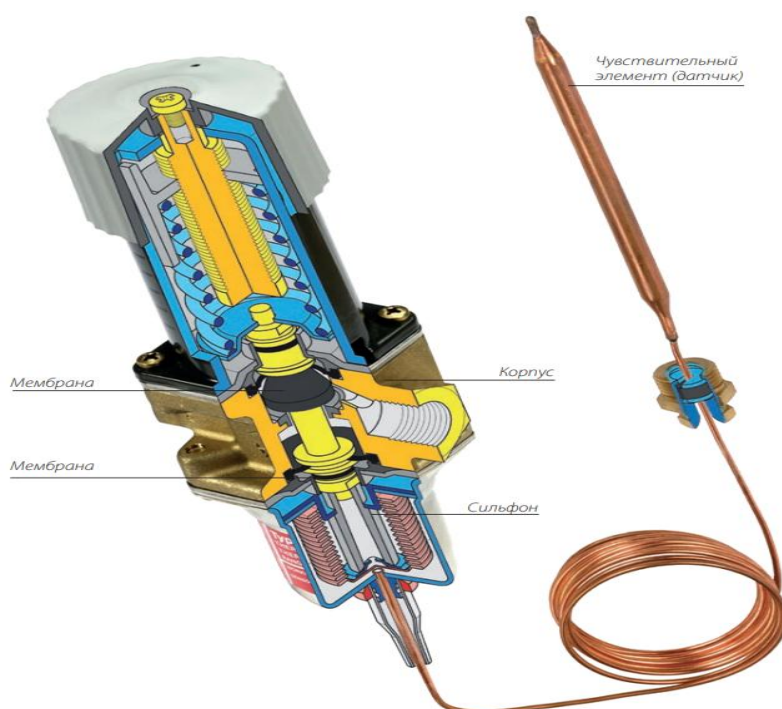


Рис. 5.5. Устройство клапана AVTA (Danfoss)

Клапан AVTA (датчик 9,5 × 150 мм)						
Штуцеры ISO 228-1	Диапазон регулирования, °C	Макс. температура датчика, °C	Пропускная способность kv, м³/ч при Δp = 1 бар)	Длина капиллярной трубки, м	Тип клапана	Кодовый номер ¹⁾
G 3/8	+10 – +80 °C	130	1,4	2,3	AVTA 10	003N1144
G 1/2			1,9		AVTA 15	003N0107
G 3/4			3,4		AVTA 20	003N0108
G 1			5,5		AVTA 25	003N0109

Клапан AVTA (датчик 9,5 × 150 мм)						
Штуце- ры ISO 228-1	Диапазон ре- гулирования, °C	Макс. тем- пература датчика, °C	Пропуск- ная способ- ность кв, м ³ /ч при Δр = 1 бар)	Длина ка- пиллярной трубки, м	Тип клапа- на	Кодовый номер ¹⁾
Клапан AVTA с универсальным наполнителем (датчик 18 × 210 мм)						
G 3/8	+0 – +30 °C	57	1,4	2,0	AVTA 10	003N113 2
G 1/2			1,9		AVTA 15	003N213 2
G 3/4			3,4		AVTA 20	003N313 2
G 1			5,5		AVTA 25	003N413 2
G 3/8	+25 – +65 °C	90	1,4	2,0	AVTA 10	003N116 2
G 1/2			1,9	2,0	AVTA 15	003N216 2
G 1/2			1,9	2,0 (армир.)	AVTA 15	003N004 1
G 3/4			3,4	2,0	AVTA 20	003N316 2
G 3/4			3,4	5,0	AVTA 20	003N316 5
G 3/4			3,4	2,0 (армир.)	AVTA 20	003N003 1
G 1			5,5	2,0	AVTA 25	003N416 2
G 1			5,5	2,0 (армир.)	AVTA 25	003N003 2
G 1			5,5	5,0	AVTA 25	003N416 5
G 3/8	+50 – +90 °C	125	1,4	2,0	AVTA 10	003N118 2
G 1/2			1,9	2,0	AVTA 15	003N218 2
G 3/4			3,4	2,0	AVTA 20	003N318 2
G 1			5,5	2,0	AVTA 25	003N418 2
Клапан AVTA с массовым наполнителем (датчик 9,5 × 180 мм)						
G 1/2	+0 – +30 °C	57	1,9	2,0	AVTA 15	003N004 2

Клапан AVTA (датчик 9,5 × 150 мм)						
Штуце- ры ISO 228-1	Диапазон ре- гулирования, °C	Макс. тем- пература датчика, °C	Пропуск- ная способ- ность кв, м ³ /ч при Δр = 1 бар)	Длина ка- пиллярной трубки, м	Тип клапа- на	Кодовый номер ¹⁾
G 3/4			3,4		AVTA 20	003N004 3
G 1/2	+25 – +65 °C	90	1,9	2,0	AVTA 15	003N004 5
G 1/2			1,9	2,0 (армир.)	AVTA 15	003N029 9
G 1/2			1,9	5,0	AVTA 15	003N003 4
G 3/4			3,4	2,0	AVTA 20	003N004 6
G 1			5,5	2,0	AVTA 25	003N004 7
Клапан AVTA (датчик 9,5 × 150 мм)						
G 1/2	+10 – +80 °C	130	1,9	2,3	AVTA 15	003N215 0
G 3/4			003N2150		AVTA 20	003N315 0
G 1			003N3150		AVTA 25	003N415 0

Вопрос 3. Невозвратный (обратный клапан) серии NRV. Запорные вентили серии BML и RVL

Невозвратный клапан NRV устанавливается в жидкостных линиях, линиях всасывания и в трубопроводах горячего газа холодильной установки, работающей на фреоне. Клапан гарантирует движение потока хладагента только в одном (заданном) направлении и предотвращает обратную конденсацию хладагента (например, из теплых участков холодильного контура в холодный испаритель). Клапан имеет встроенный демпфирующий поршень, позволяющий устанавливать его в линиях с пульсациями давления, например, в линии нагнетания компрессора (ΔP = 0,04...0,07 бара).

Обратный клапан типа NRVH имеет усиленную пружину. Его рекомендуется использовать в случае параллельной установки компрессоров (в центрах), в которых возникает повышенный уровень пульсации и вибрации (ΔP = 0,3 бара).

Запорные вентили серии BML, RVL устанавливаются на отключаемых участках жидкостных линий холодильных установок.



Рис. 5.6. Невозвратный клапан серии NRV (пайка) и NRV EF (резьба)



Рис. 5.7. Запорные вентили серии BML (пайка), RVL (резьба)

Вопрос 4. Смотровое стекло серии SGN/ SGR

Серия SGN(R) – это серия *смотровых* стекол, спроектированных для применения в коммерческих холодильных системах, изготовлены из латуни и поставляются с медными штуцерами под пайку (SGN) или резьбу (SGR). *Смотровые* стекла оснащены индикатором влажности, который меняет свой цвет в зависимости от количества влаги, содержащейся в хладагенте. Смотровые стекла указывают слишком высокое содержание воды в системе охлаждения, недостаточное переохлаждение, недостаточную заправку хладагентом и его загрязнение.

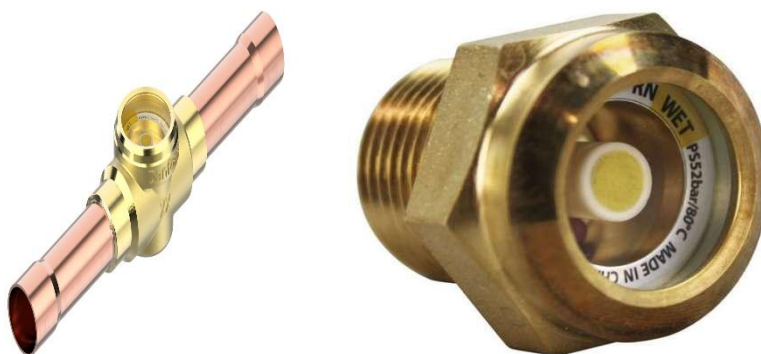


Рис. 5.8. Смотровое стекло серии SGN (пайка) и SGR (резьба)

Вопрос 5. Соленоидный вентиль серии EVR

Соленоидный вентиль служит для двухпозиционного регулирования («открыто-закрыто») подачи хладагента в испаритель холодильной машины либо для открытия-закрытия от внешнего сигнала определенных участков трубопроводов. При отсутствии питания на катушке тарелка клапана под воздействием специальной пружины удерживает соленоидный вентиль закрытым. При подаче питания сердечник электромагнита, соединенный штоком с тарелкой, преодолевает усилие пружины, втягивается в катушку, тем самым приподнимая тарелку и открывая проходное сечение вентиля для подачи хладагента. Корпус выполнен из латуни. Используется в холодильных установках с фреоновым хладагентом.



Рис. 5.9. Соленоидный вентиль серии EVR

Корпус соленоидного вентиля серии EVRS выполнен из нержавеющей стали и может использоваться не только во фреоновых ХМ, но и в аммиачных.

Вопрос 6. Клапан Шрадера

(также называемый американский клапан, в велосипедных аксессуарах также золотник — тип клапана для камер, используемый сегодня в шинах почти всех транспортных средств в мире. Компания Шрадер (*Schrader*), от которой клапан получил своё название, была основана в 1844 году Августом Шрадером. Первоначальный вариант клапана Шрадера был запатентован в США в 1893 году.

Кроме камерных и бескамерных шин, клапаны Шрадера самых разных диаметров используются на многих холодильных и климатических установках для возможности обслуживания, включая дозаправку хладагентом.

Существует неоднозначность прочтения названия *Schrader* в русском языке. С одной стороны, фамилия *Schrader* немецкая и произносится правильно как «Шрадер»; с другой стороны, Шрадер жил и работал в США, где его фамилия произносилась как «Шрейдер». В настоящее время в русскоязычном интернете применительно к клапану очень часто встречается написание «клапан Шрёдера».

Клапан Шрадера (рис. 5.10) состоит из трубки (2), в которую вкручивается золотник (3). Рабочий элемент представляет собой тарельчатый клапан (6) на металлическом стержне (1) со вспомогательной пружиной (9).

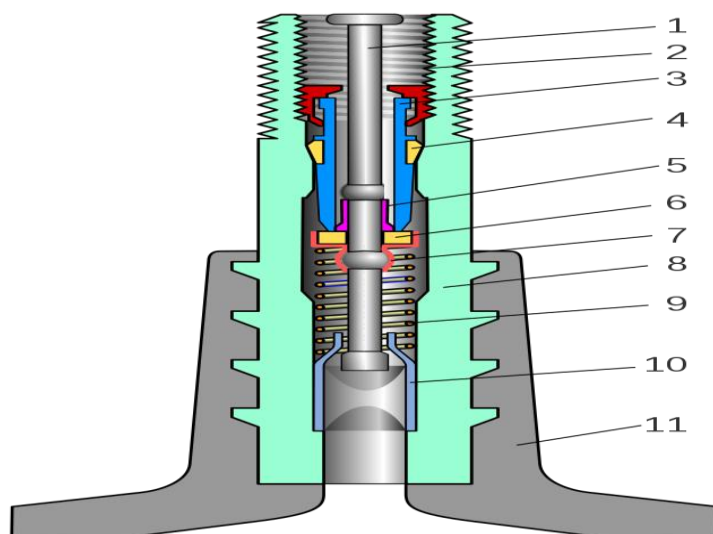


Рис. 5.10. Устройство клапана Шрадера:

1 – стержень; 2 – внутренняя резьба; 3 – седло клапана; 4 – уплотнительное кольцо; 5 – фиксатор; 6 – тарельчатый клапан; 7 – фиксатор; 8 – латунная трубка; 9 – пружина; 10 – направляющая; 11 – корпус



Рис. 5.11. Клапан Шрадера для холодильных установок

Контрольные вопросы для самоконтроля

1. Назначение и место установки клапана WVFX в схеме ПКХМ.
2. Назначение и место установки клапана WVO в схеме ПКХМ.
3. Назначение и место установки клапана WVS в схеме ПКХМ.
4. Назначение и место установки клапана AVTA в схеме ПКХМ.
5. Назначение и место установки клапана NRV в схеме ПКХМ.
6. Назначение и место установки клапана BML в схеме ПКХМ.
7. Назначение и место установки клапана EVR в схеме ПКХМ.
8. Назначение и место установки клапана Шредера в схеме ПКХМ.

Лекция 6

РЕГУЛЯТОРЫ ПКХМ

Учебные вопросы:

1. Регуляторы серии KV (Danfoss).
2. Регуляторы серии ICS (Danfoss).

Вопрос 1. Регуляторы давления серии KV (Danfoss)

Регуляторы давления серии KV устанавливаются в магистральных высоко-го и низкого давления и предназначены для поддержания постоянного давления в условиях переменной тепловой нагрузки. По своему назначению они подразделяются на:

- KVP регулятор давления кипения;
- KVL регулятор давления в картере компрессора;
- KVR регулятор давления конденсации;
- KVC регулятор производительности;
- KVD регулятор давления в ресивере;
- NRD регулятор разности давлений.

1.1. Регулятор давления кипения типа KVP (Danfoss).

Регуляторы давления кипения типа KVP (рис. 6.1) предназначены для поддержания постоянного давления кипения и, как следствие, постоянной температуры поверхности испарителя. Регулятор устанавливается в линию всасывания за испарителем и плавно регулирует давление кипения, дросселируя хладагент во всасывающий трубопровод и приводя в соответствие его расход и нагрузку на испаритель (рис. 6.2).

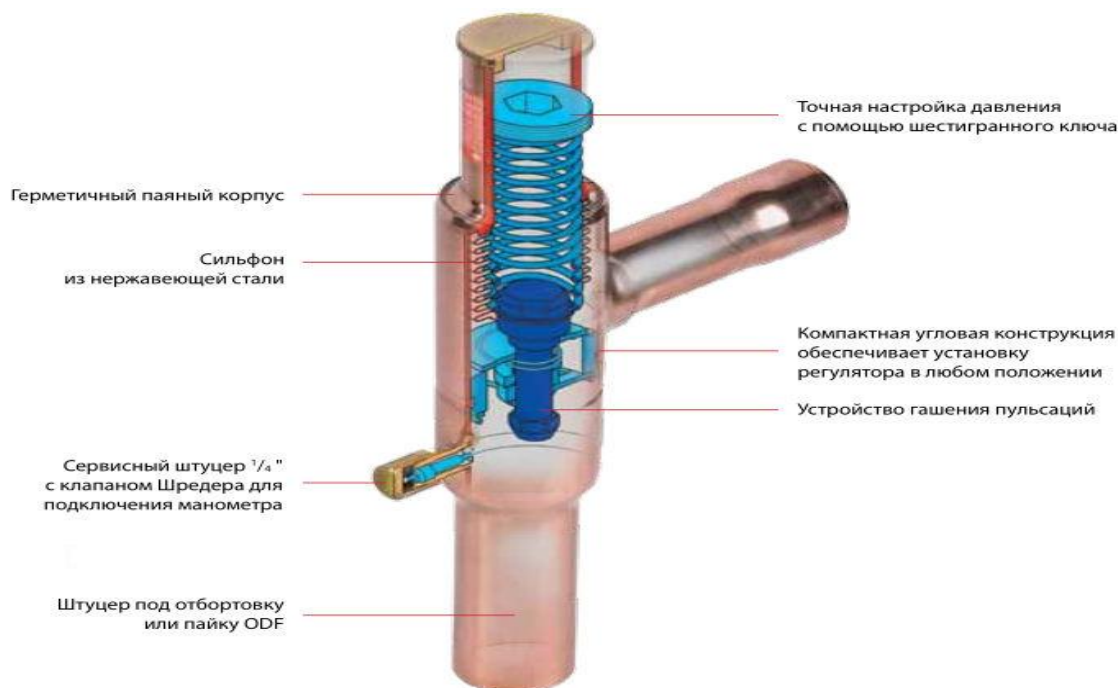


Рис. 6.1. Регулятор давления кипения KVP (Danfoss)

В системах с несколькими испарителями (работающими при различных давлениях кипения), регулятор KVP устанавливается за испарителем с наибольшим давлением кипения.

Каждый испаритель подпитывается с помощью соленоидного клапана, установленного на линии жидкости. Компрессор управляется с помощью реле давления. Максимальное давление на стороне всасывания соответствует наименьшей температуре в камере охлаждения.

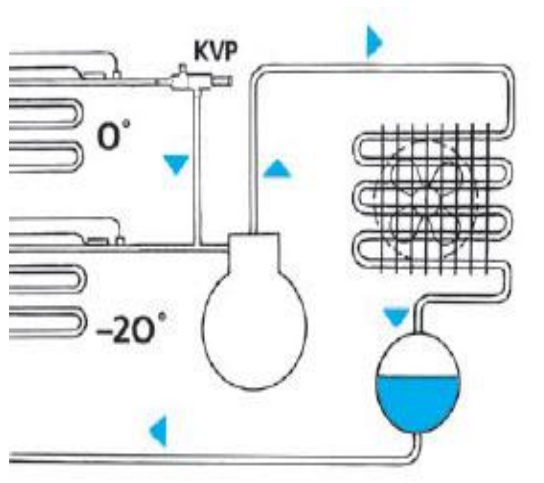


Рис. 6.2. Схема установки KVR с двумя испарителями разных температур

В установках с запараллеленными испарителями с одинаковыми температурами и общим компрессором регулятор KVP устанавливают в общей линии всасывания, чтобы поддерживать в испарителях одинаковое давление (рис.6.3).

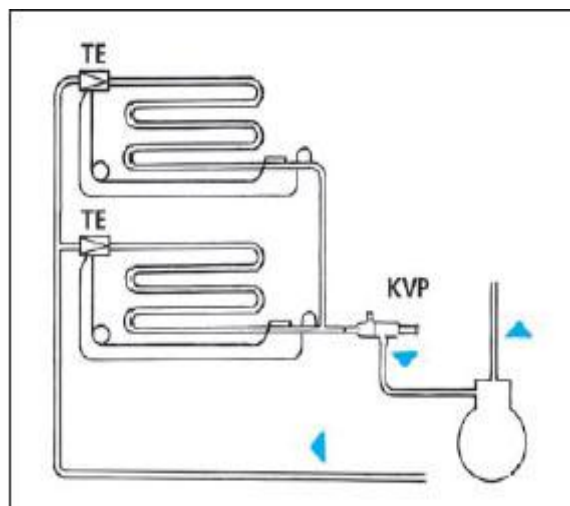


Рис. 6.3. Схема установки KVR с запараллеленными испарителями

Регулятор давления кипения снабжен штуцером для подсоединения манометра, который служит для настройки давления кипения (рис.6.4). Регуля-

тор KVP поддерживает постоянное давление в испарителе. Когда давление на входе в регулятор (давление кипения) возрастает, он открывается.

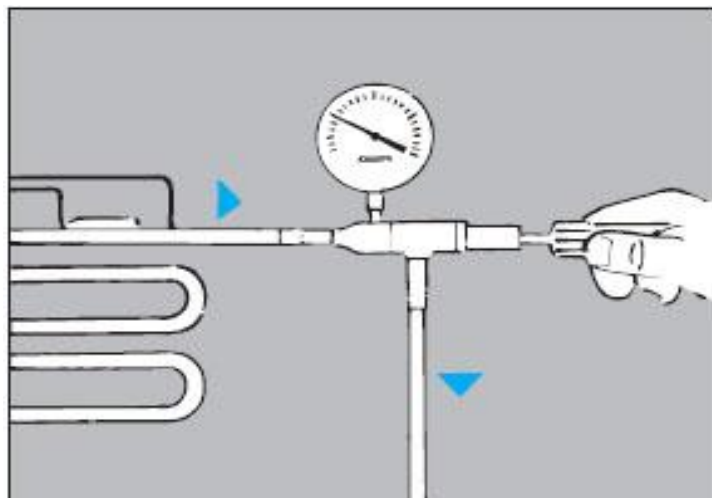


Рис. 6.4. Схема установки KVP с манометром

Линейка регуляторов давления кипения KVP (Danfoss)

Тип регулятора	Номинальная холодопроизводительность				Штуцеры под отбортовку		Код	Штуцеры под пайку		Код
	R22	R134a	R404A/R507	R407C	дюйм	мм		дюйм	мм	
KVP 12	4,0 кВт	2,8 кВт	3,6 кВт	3,7 кВт	1/2	12	034L0021	1/2	-	034L0023
KVP 12	4,0 кВт	2,8 кВт	3,6 кВт	3,7 кВт	-	-	-	-	12	034L0028
KVP 15	4,0 кВт	2,8 кВт	3,6 кВт	3,7 кВт	5/8	16	034L0022	5/8	16	034L0029
KVP 22	4,0 кВт	2,8 кВт	3,6 кВт	3,7 кВт	-	-	-	7/8	22	034L0025
KVP 28	8,6 кВт	6,1 кВт	7,7 кВт	7,9 кВт	-	-	-	-	28	034L0031
KVP 35	8,6 кВт	6,1 кВт	7,7 кВт	7,9 кВт	-	-	-	1 3/8	28	034L0032

1.2. Регулятор давления в картере компрессора типа KVL (Danfoss)

Регуляторы давления в картере компрессора (рис. 6.5) типа KVL устанавливаются в линию всасывания перед компрессором. Они защищают двигатель компрессора от перегрузок во время пуска после длительных простоев или циклов оттаивания (при высоком давлении в испарителе).

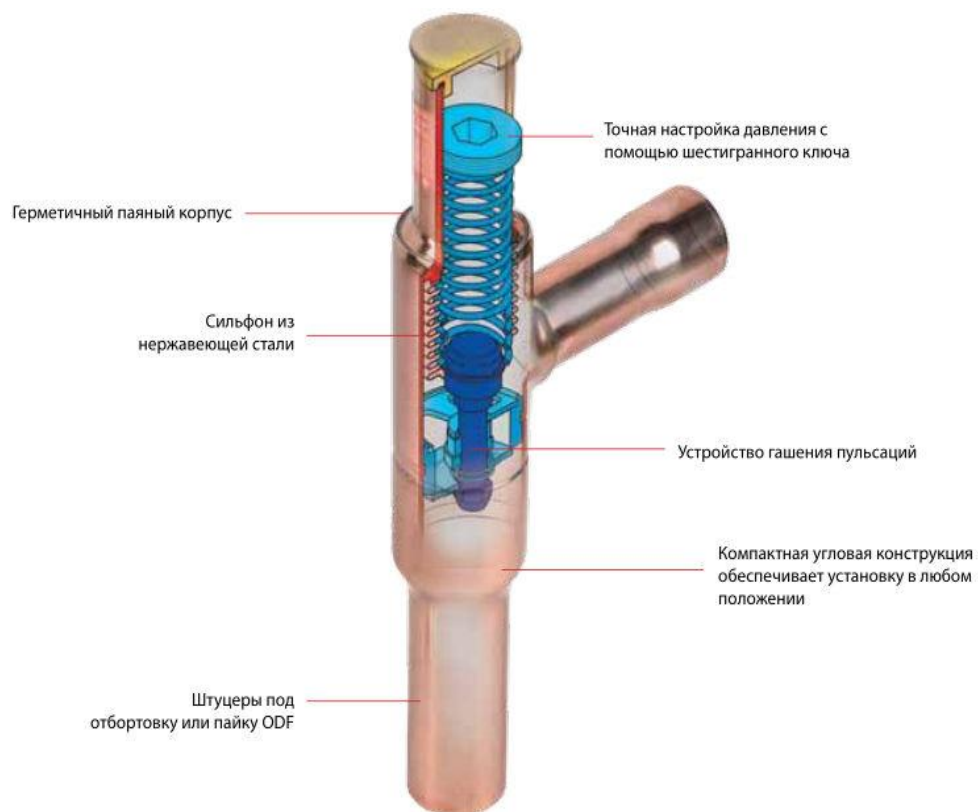


Рис. 6.5. Регулятор давления в картере компрессора типа KVL

Регуляторы KVL часто используются в холодильных установках с герметичными или полу-герметичными компрессорами, предназначенными для работы при низких температурах. Регуляторы KVL открываются при понижении давления на выходе (на линии всасывания).

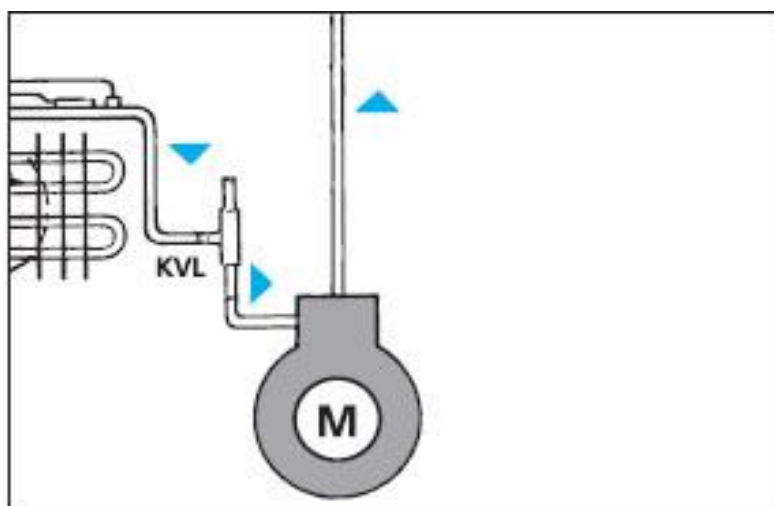


Рис. 6.6. Схема установки KVL

Линейка регуляторов давления в картере компрессора KVL (Danfoss).

Тип регулятора	Номинальная холодопроизв-ть				Штуцеры под отбортовку		Код	Штуцеры под пайку		Код
	R22	R134a	R404A/R507	R407C	дюйм	мм		дюйм	мм	
KVL 12	7,1 кВт	5,3 кВт	6,3 кВт	6,4 кВт	1/2	12	034L0041	1/2	-	034L0043
KVL 15	7,1 кВт	5,3 кВт	6,3 кВт	6,5 кВт	5/8	16	034L0042	5/8	16	034L0049
KVL 22	7,1 кВт	5,3 кВт	6,3 кВт	6,5 кВт	-	-	-	7/8	22	034L0045
KVL 28	17,8 кВт	13,2 кВт	15,9 кВт	16,4 кВт	-	-	-	-	28	034L0051
KVL 35	17,8 кВт	13,2 кВт	15,9 кВт	16,4 кВт	-	-	-	1 3/8	35	034L0052

1.3 Регулятор давления конденсации типа KVR (Danfoss)

В общем случае регулятор давления конденсации типа KVR (рис. 6.7) устанавливается между конденсатором с воздушным охлаждением и ресивером (рис. 6.8). Регулятор KVR поддерживает постоянное давление в конденсаторах с воздушным охлаждением. Когда давление на входе в KVR (давление конденсации) возрастает, он открывается.

В комплекте с регулятором KVD или клапаном NRD регулятор KVR обеспечивает достаточно высокое давление жидкости в ресивере при любых изменениях условий эксплуатации. Регулятор давления конденсации KVR имеет штуцер для подсоединения манометра, который служит для настройки давления конденсации.

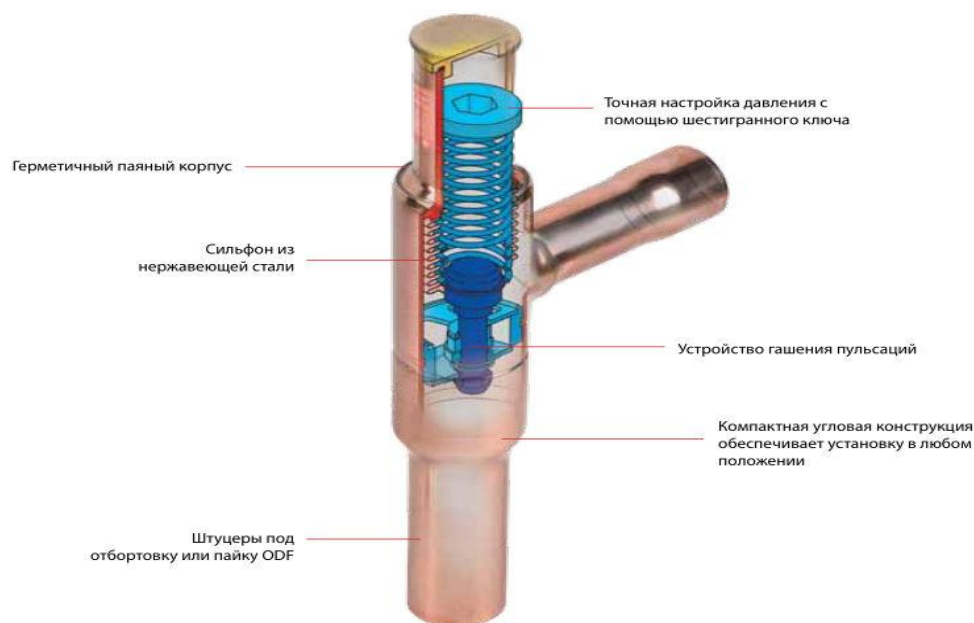


Рис. 6.7. Регулятор давления конденсации типа KVR

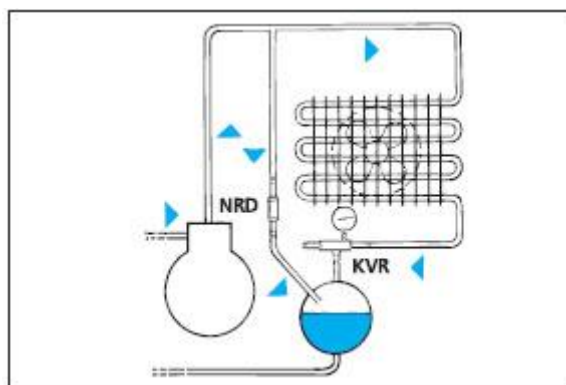


Рис. 6.8. Схема установки KVR

Если конденсатор с воздушным охлаждением и ресивер размещены снаружи помещения и работают при низкой температуре окружающего воздуха, могут возникнуть трудности с пуском системы после продолжительной остановки.

В этом случае регулятор KVR устанавливают перед конденсатором с воздушным охлаждением, а сам конденсатор обводят байпасным трубопроводом с установленным на нем обратным клапаном типа NRD (рис. 6.9).

Обратный клапан предотвращает обратное натекание хладагента в процессе пуска установки.

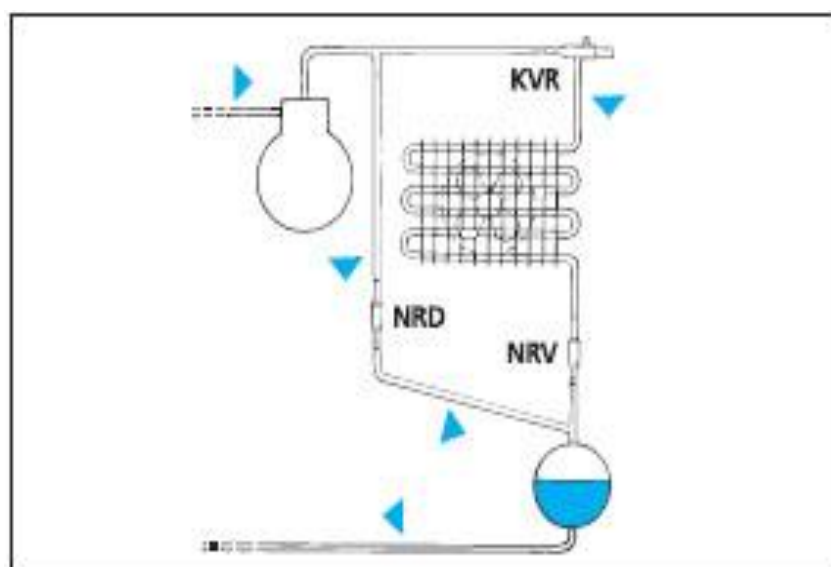


Рис. 6.9. Схема установки KVR совместно с KVD (NRD)

Регуляторы KVR используются также в системах с регенерацией тепла. В этом случае регуляторы KVR устанавливают между теплообменником-утилизатором и конденсатором (рис. 6.10).

Во избежание заброса жидкости в конденсатор, между конденсатором и ресивером устанавливается обратный клапан NRV.

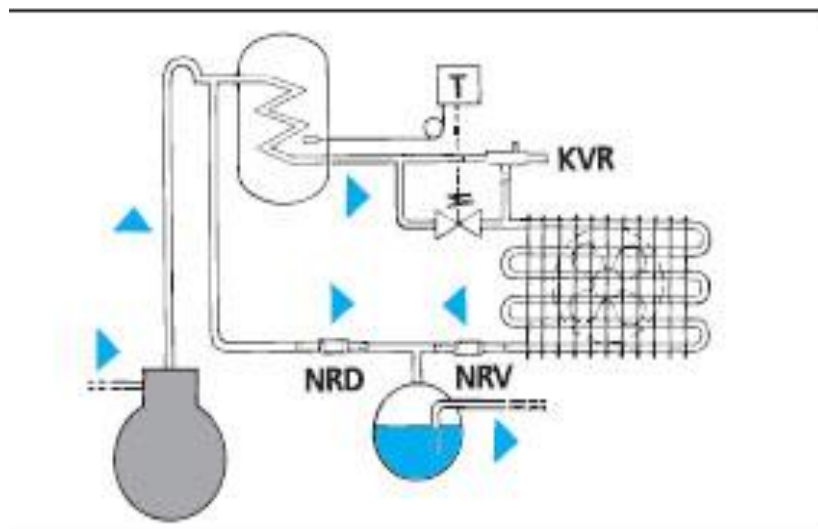


Рис. 6.10 Схема установки KVR в установках с регенерацией тепла

Регулятор KVR может использоваться в качестве перепускного клапана в холодильных установках с автоматическим оттаиванием. В этом случае он устанавливается на специальном трубопроводе между испарителем и ресивером (рис. 6.11).

Важно! Нельзя использовать регулятор KVR как предохранительный клапан.

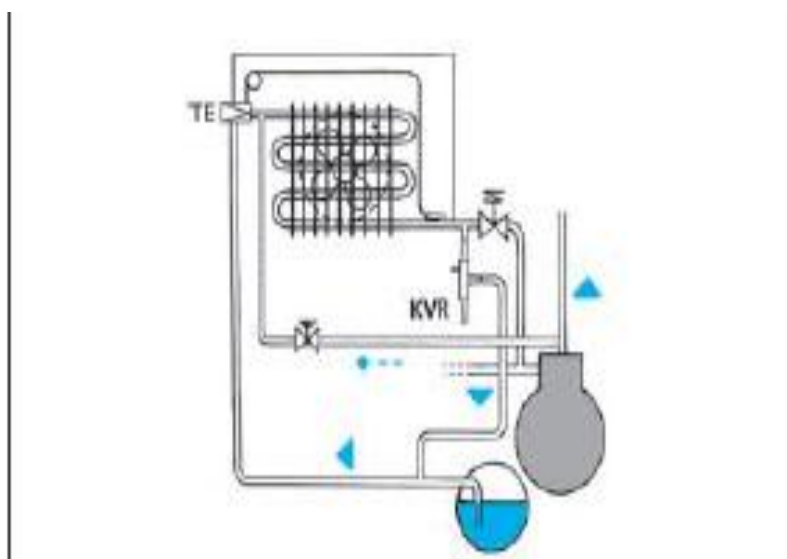
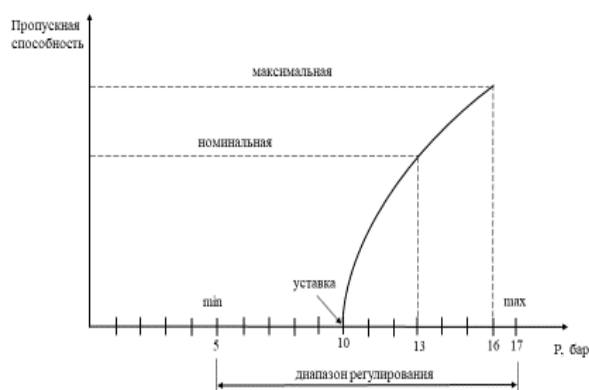


Рис. 6.11. Схема установки KVR в установках с автоматическим оттаиванием

Модельный ряд регуляторов KVR: KVR-12, KVR-15, KVR-22, KVR-28, KVR-35. Корпус изготавливается из меди, поэтому для R-717 (NH_3) не применим. На рис. 6.12 приведена зависимость пропускной способности регулятора KVR от давления, с помощью которой происходит настройка регулятора в диапазоне регулирования 5 - 17 бар с заводской уставкой 10 бар.



Тип KVR	Холодопроизводительность испарителя							
	номинальная по жидкости*, кВт				номинальная по горячему газу*, кВт			
	R 22	R134a	R404a	R407c	R 22	R134a	R404a	R407c
12								
15	50,4	47,3	36,6	54,4	13,2	11,6	12,0	14,3
22								
28	129	121	93,7	139,3	34,9	30,6	34,9	37,7
35								

* — определено при
 $t_0 = -10^\circ\text{C}$
 $t_k = +30^\circ\text{C}$
 ΔP на линии жидкости — 0,2 бар
 ΔP на линии горячего газа — 0,4 бар
 смещение — 3 бар

Рис. 6.12. Нелинейная зависимость пропускной способности KVR с настроечной таблицей для некоторых фреонов

1.4. Регулятор производительности KVC (Danfoss)

Регуляторы производительности KVC (рис. 6.13) устанавливаются в байпасную линию между сторонами низкого и высокого давления системы охлаждения и служат для приведения производительности компрессора в соответствие с фактической нагрузкой на испаритель (рис. 6.14). Перепуская часть горячего газа со стороны нагнетания на вход в компрессор, регуляторы KVC не позволяют давлению всасывания опускаться ниже уставки (заданного значения).

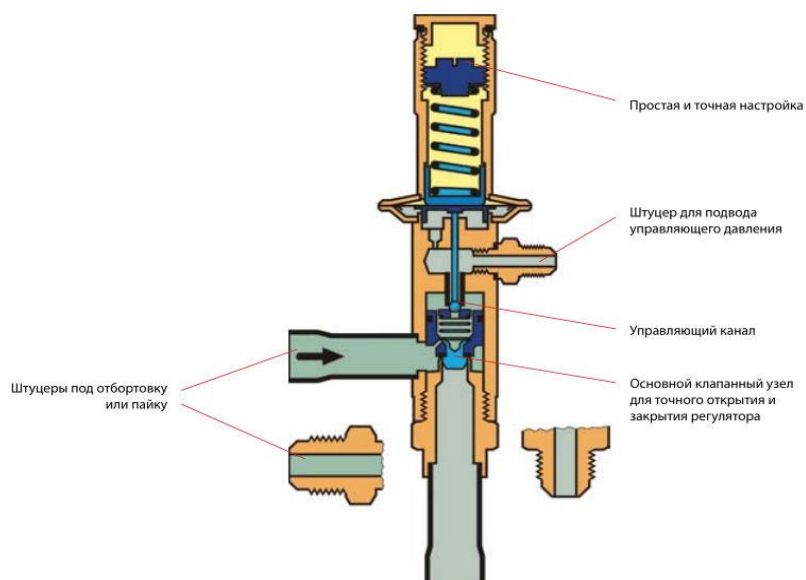


Рис. 6.13. Регулятор производительности KVC

Регуляторы типа KVC используются для регулировки производительности холодильных установок при низкой тепловой нагрузке, где необходимо избежать понижения давления всасывания и частого включения/отключения компрессора. Слишком низкое давление всасывания вызывает появление вакуума в контуре, что приводит к опасности проникновения влаги в установку

при негерметичном компрессоре. Регулятор KVC открывается при понижении давления на выходе (на линии всасывания).

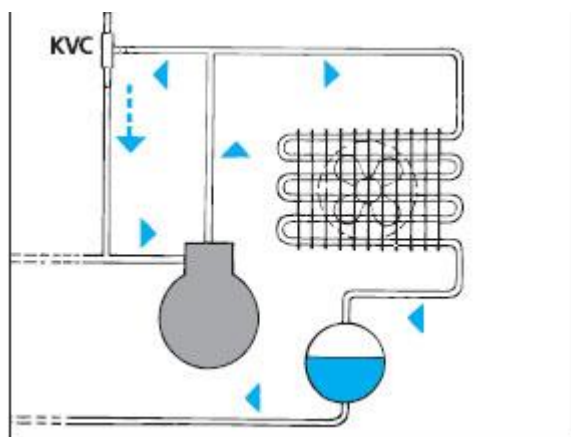


Рис. 6.14. Схема установки KVC

Регулятор KVC можно также установить на байпасной магистрали (рис. 6.15), выходящей из нагнетающего трубопровода, так чтобы выход регулятора подсоединялся к контуру между ТРВ и испарителем. Этот способ применяется в охладителях жидкости с несколькими параллельно соединенными компрессорами, но без жидкостного распределителя.

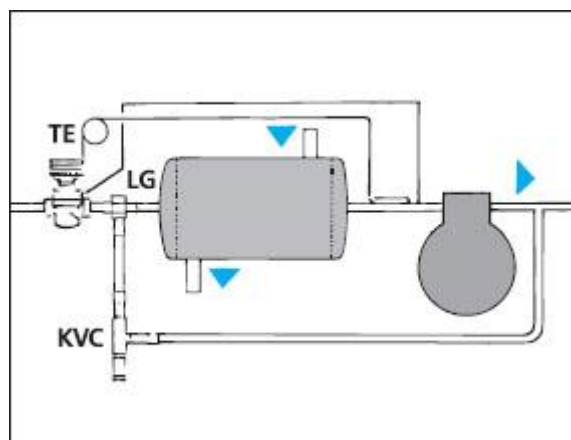


Рис. 6.15. Схема установки KVC в установках с несколькими компрессорами

Линейка регуляторов производительности KVC (Danfoss)

Тип регулятора	Номинальная холодопроиз-ть, кВт				Штуцер под отбортовку		Код	Штуцеры под пайку		Код
	R22	R134a	R404A/R507	R407C	дюйм	мм		дюйм	мм	
KVC 12	7,6	4,8	6,9	8,4	-	-	-	-	12	034L0146
KVC 15	14,9	9,4	13,6	16,4	5/8	16	034L0142	5/8	16	034L0147

Линейка регуляторов производительности KVC (Danfoss)										
Тип регу- лятора	Номинальная холодо произ-ть, кВт				Штуцер под отбор- товку		Код	Штуцеры под пайку		Код
	R22	R134a	R404A/R50 7	R407 C	дюйм	мм		дюй м	мм	
KVC 22	19,1	12,0	17,4	21,0	-	-	-	7/8	22	034L0144
CPCE 12	17,4	7,9	16,4	19,0	1/2	12	-	-	-	034N008 1
CPCE 12	17,4	7,9	16,4	19,0	-	-	-	1/2	12	034N008 2
CPCE 15	25,6	11,6	24,2	27,9	-	-	-	5/8	16	034N008 3
CPCE 22	34,0	15,2	32,0	37,1	-	-	-	7/8	22	034N008 4
Смеситель жидкость-газ										
Тип сме- сителя	Терморегулирующий клапан ODM			Линия го- рячего га- за ODF		Распределитель жидко- сти ODF			Код	
	дюйм		мм	дюйм	мм	дюйм		мм		
LG 12-16	5/8		16	1/2	12	5/8		16	069G400 1	
LG 12-22	7/8		22	1/2	12	7/8		22	069G400 2	
LG 16-28	1 1/8		28	5/8	16	1 1/8		28	069G400 3	
LG 22-35	1 3/8		35	7/8	22	1 3/8		35	069G400 4	

1.5. Регулятор давления в ресивере KVD (Danfoss)

При падении давления в ресивере KVD (рис. 6.16) открывается и перепускает горячий газ по байпасной линии, поддерживая давление в ресивере на заданном уровне. Уставку (заданное давление), которое поддерживает KVD, можно регулировать. Система регуляторов давления KVR и KVD (рис. 6.17) позволяет постоянно поддерживать давление в конденсаторе и ресивере на достаточно высоком для стабильной работы холодильной системы уровне.



Рис. 6.16. Регулятор давления в ресивере KVD

Регулятор давления KVD (рис.6.17) имеет штуцер для подсоединения манометра, который служит для настройки давления в ресивере. Регулятор KVD открывается при понижении давления на выходе (в ресивере).

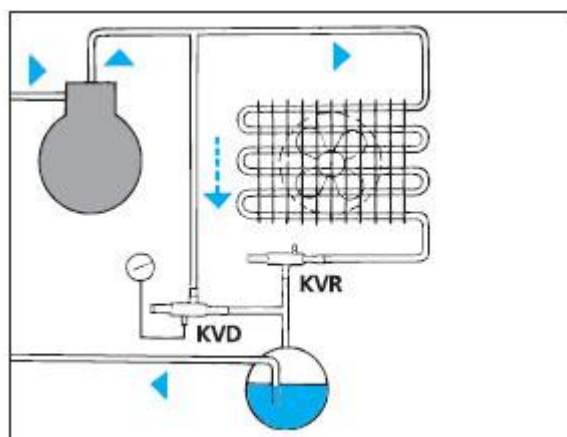


Рис. 6.17. Схема установки KVD

Линейка регуляторов давления в ресивере типа KVD (Danfoss)

Тип регулятора	Пропускная способность, м ³ /ч	Штуцер под отбортовку		Код	Штуцеры под пайку		Код
		дюйм	мм		дюйм	мм	
KVD 12	1,75	1/2	12	034L0171	1/2	-	034L0173
KVD 12	1,75	-	-	-	-	12	034L0176
KVD 15	1,75	5/8	16	034L0172	5/8	16	034L0177

1.6. Регулятор разности давлений NRD (Danfoss)

Дифференциальный клапан NRD (рис. 6.18) предназначен для повышения давления в ресивере и используется вместе с регулятором давления KVR. Клапан NRD устанавливается в байпасную линию между линией нагнетания и жидкостной линией на входе в ресивер. Он начинает открываться при пе-

репаде давления 1,4 бар между входным и выходным штуцером. Полностью открыт клапан при перепаде 3,0 бар.

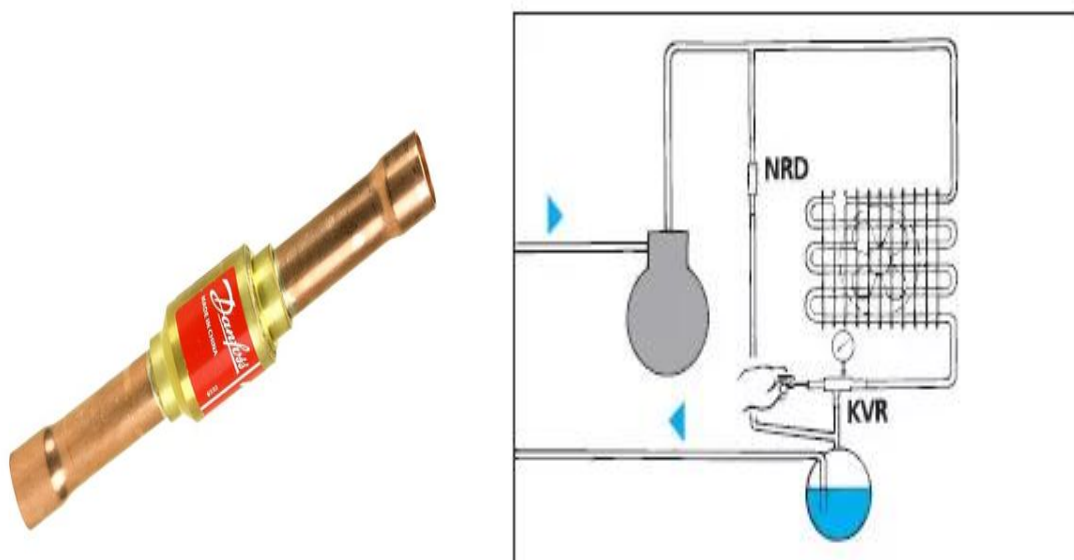


Рис. 6.18. Регулятор разности давлений NRD и схема его установки

Вопрос 2. Регуляторы серии ICS (Danfoss)

Регуляторы серии ICS (рис. 6.19) – это сервоприводные клапаны с пилотным управлением и в зависимости от установленных в него пилотов, могут выполнять функцию электромагнитных клапанов, регуляторов давления и температуры. Применяются на сторонах высокого и низкого давления, в линиях всасывания сухого и влажного пара, а также в линиях жидкого хладагента без фазового перехода (то есть там, где жидкость не дросселируется в клапане). *В зависимости от модификации крышки ICS 1 или ICS 3, в клапан можно установить от 1 до 3 пилотных клапанов.*



Рис. 6.19. Регулятор серии ICS

Клапаны ICS (рис. 6.20) состоят из трёх главных компонентов: общий корпус клапана, функциональный модуль, пилотный клапан и верхняя крышка.

Клапаны ICS применяются для регулирования давления, температуры, а также могут работать в режиме ОТКРЫТ/ЗАКРЫТ в холодильных системах. Клапаны ICS предназначены для работы с хладагентами высокого и низкого давления и могут быть использованы в линиях всасывания сухого и влажного пара, а также в линиях жидкого хладагента без фазового перехода (т.е. там, где жидкость не дросселируется на клапане).

Работа клапана ICS зависит от пилотного давления, поступающего или через пилотные вентили (установленные на клапане) или от внешней пилотной линии.

Клапан ICS1 имеет на верхней крышке один пилотный штуцер для установки пилотного вентиля или подвода внешнего пилотного давления.

Клапан ICS3 имеет на верхней крышке три пилотных штуцера для установки пилотных вентилях или подвода внешнего пилотного давления.

Специальные пилотные вентили компании Данфосс могут навинчиваться на основной клапан ICS или подсоединяться к нему через внешние пилотные линии. На основном клапане ICS могут находиться несколько пилотных вентилях, что дает ему возможность выполнять большее количество разнообразных регулирующих функций.

Крышка клапана ICS имеет штуцер для присоединения манометра, что дает возможность контролировать входное давление клапана. Это особенно важно и удобно при настройке пилотных вентилях.

Клапан ICS имеет шпindel для ручного открытия клапана (установлен на верхней крышке).

Преимущества клапанов ICS:

- сконструированы для применения в промышленных холодильных установках с максимальным рабочим давлением 52 бар;
- ICS25...80 можно применять со всеми широко распространенными хладагентами, включая R717 (аммиак) и R744 (CO₂), а также неагрессивными газами и жидкостями;
- ICS100...150 можно применять с R717 (аммиаком);
- типы присоединения клапанов к трубопроводу включают в себя сварку встык, сварку с втулкой, пайку, резьбовое соединение, а также фланцевое соединение (Ду25...65);
- корпус клапана выполнен из низкотемпературной стали;
- небольшой вес и компактная конструкция;
- конус клапана, имеющий V-образное проходное отверстие, обеспечивает оптимальное регулирование даже при малых нагрузках;
- функциональный модуль имеет стальное поршневое кольцо, обеспечивающее высокую точность регулирования;
- модульный принцип построения (все стандартные пилотные вентили могут использоваться с клапанами ICS всех размеров; они либо непосредственно накручиваются на крышку клапана ICS, что дает возможность отказаться от сварных и паянных соединений, либо устанавливаются во внешние пилотные линии);

- имеется штуцер в верхней крышке для присоединения манометра, измеряющего давление на входе клапана;
- крышка клапана может быть повернута для установки в любом из четырех возможных положений и это не отразится на нормальной работе клапана;
- клапаны ICS можно применять со всеми широко распространенными хладагентами, включая R717 (аммиак) и R744 (CO₂), а также неагрессивными газами и жидкостями. Использовать клапаны с горючими гидроуглеродными соединениями не рекомендуется.
- большой диапазон условных проходов (Ду): 25...150;
- большой диапазон рабочих температур: -60...+120 °С;
- наружная поверхность клапанов ICS хромирована для защиты от коррозии;
- открывающий перепад давления: клапан полностью открывается при минимальном перепаде давления 0,2 бар. Максимальный открывающий перепад давления (MOPD) только для соленоидной функции клапана:
 - при использовании катушки 10 Вт переменного тока до 21 бар;
 - при использовании катушки 20 Вт переменного тока до 40 бар;
 - при управлении электронными средствами до 50 бар.



Рис. 6.20. Устройство регуляторов серии ICS

Контрольные вопросы для самоконтроля

1. Назначение регулятора давления KVP. Где он устанавливается в схеме ПКХМ с 2-мя разнотемпературными испарителями?
2. Назначение регулятора давления KVL.
3. Назначение регулятора давления KVR.
4. Назначение регулятора давления KVD.

5. Назначение регулятора производительности KVC.
6. Назначение регулятора разности давления NRD.
7. Назначение регуляторов ICS.
8. Назначение регулятора давления KVP. Где он устанавливается в схеме ПКХМ с запараллеленными испарителями?

Лекция 7

РЕГУЛИРОВАНИЕ ДАВЛЕНИЯ КОНДЕНСАЦИИ В ПКХМ

Учебные вопросы:

1. Необходимость регулирования давления конденсации.
2. Способы регулирования давления конденсации.

Вопрос 1. Необходимость регулирования давления конденсации

Давление (соответственно и температура) конденсации, как один из важнейших параметров холодильной машины с воздушным охлаждением конденсатора, зависит от температуры воздуха и условий, и интенсивности теплообмена в конденсаторе - площади теплообмена, расхода охлаждающего воздуха, а также уровня загрязнения трубной системы конденсатора, причем как снаружи, так и внутри теплообменных трубок.

На рис. 7.1 представлены действительные циклы работы ПКХМ в жаркий (а) и прохладный (б) периоды на фреоне R404a на $\lg P$ - i -диаграмме.

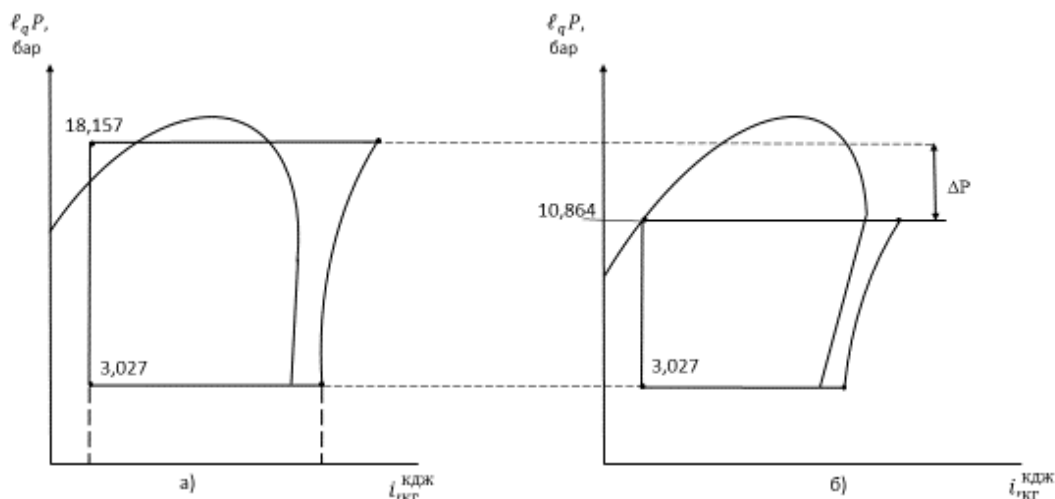


Рис. 7.1. Действительные циклы ПКХМ в жаркий (а) и прохладный (б) периоды

Давление конденсации в каждый из периодов определяется температурой воздуха, который для жаркого периода составляет 40 °С, а прохладного 20 °С. Соответствующие им давления конденсации будут соответственно 18,157/10,864 бар. При этом давления в испарителе одинаковы 3,027 бар (что соответствует температуре испарения -20 °С). Отношение давлений P_k/P_o отличаются почти в 2 раза, соответственно, 15,13/7,837 и требует обязательного вмешательства регулированием (повышением) давления конденсации. Почему это необходимо? Прежде всего для обеспечения стабильной работы ТРВ, перепад на котором (P_k/P_o) не должен сильно меняться. Именно он обеспечивает нормальное заполнение испарителя и стабильную работу всей ХМ.

Вопрос 2. Способы регулирования давления конденсации

2.1. Повышение давление конденсации подтоплением конденсатора

Схема данного способа представлена на рис. 7.2 и предполагает включение регулятора давления KVR в линию слива жидкого хладагента в конденсатор. KVR осуществляет регулирование давления «до себя» следующим образом. При уменьшении температуры воздуха происходит снижение давления в конденсаторе и в результате регулирующий орган KVR под действием сжатой пружины плавно опускается и уменьшается проходное сечение регулятора и как следствие - снижение расхода жидкого хладагента от конденсатора в линейный ресивер, уровень жидкого фреона в конденсаторе увеличивается, а площадь теплосъема уменьшается. Температура конденсации начинает расти, а давление увеличиваться.

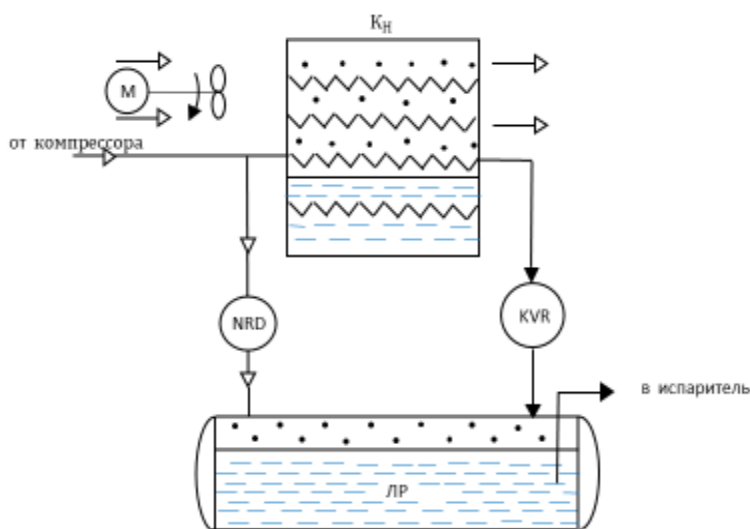


Рис. 7.2. Схема повышения давления конденсации в холодный период затоплением с KVR «до себя»

Чтобы не произошло «опрокидывание» давления между конденсатором и линейным ресивером ($P_{\text{лр}} < P_{\text{к}}$) в линию между напором компрессора (через маслоотделитель) и паровой областью ресивера устанавливается регулятор перепада давления NRD, через который в диапазоне 1,6 - 3 бар поступает газообразный фреон, под давлением которого из нижней части вытесняется жидкая фаза фреона в испаритель.

На рис. 5.3 представлена аналогичная схема повышения давления конденсации в холодное время, но с использованием регулятора KVR «после себя», который устанавливается до конденсатора и регулирует расход газовой фазы в конденсатор. В этом случае, на ветке конденсатор-ресивер устанавливается невозвратный клапан NRV.

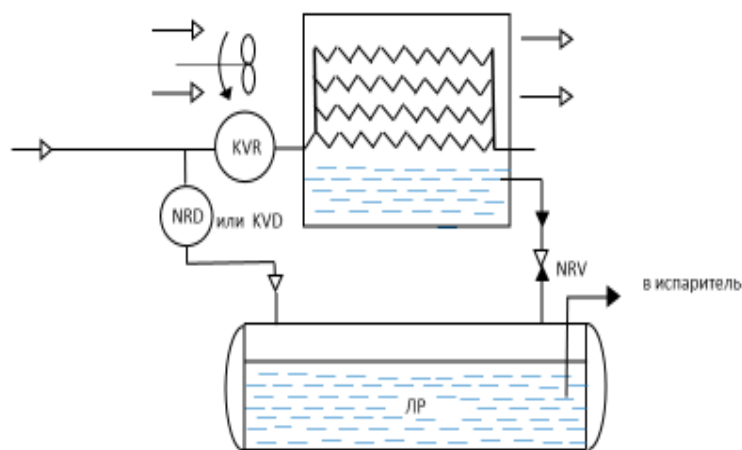


Рис. 7.3. Схема повышения давления конденсации в холодный период подтоплением с KVR «после себя»

Реализацию нашли обе схемы, но более экономичной считается первая т.к. регулятор давления имеет меньшие размеры потому, что устанавливается на жидкостной линии, диаметр которой меньше, чем газовой.

2.2. Повышение давления конденсации плавным уменьшением расхода охлаждающего воздуха

Эта схема применима для умеренно холодного периода т.к. при низкой температуре воздуха может оказаться бесполезной даже при остановленном вентиляторе. Схема неплохо себя показала в теплый период в интервалах температур воздуха днём и ночью.

Схема работает следующим образом (рис. 7.4). Сигнал от датчика давления поступает на датчик скорости, который связан с приводным электродвигателем и при необходимости повысить давление конденсации плавно уменьшает обороты электродвигателя вентилятора уменьшая расход охлаждаемого воздуха до необходимого значения.

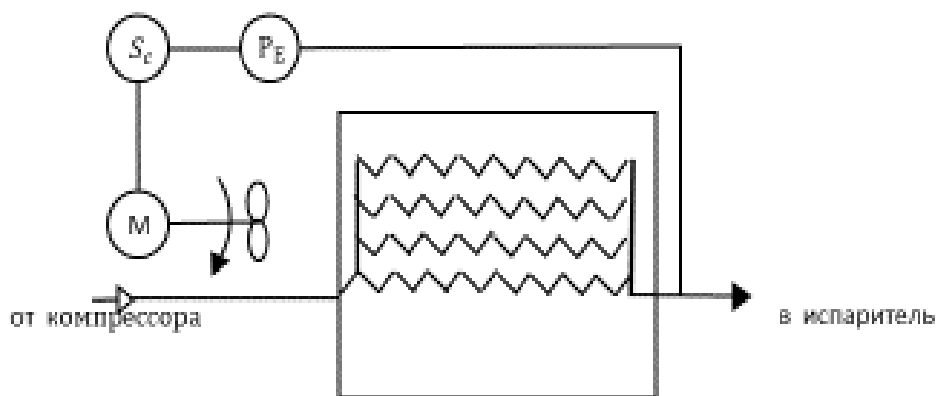


Рис. 7.4. Схема повышения давления конденсации плавным уменьшением скорости вращения охлаждающего вентилятора (S_c – регулятор скорости, P_E – датчик давления)

2.3. Повышение давления конденсации ступенчатым уменьшением расхода охлаждающего воздуха

Схема работы (рис. 7.5) аналогична предыдущей. Разница заключается только в том, что изменяется не скорость вращения вентилятора, а их количество. Сигнал на их отключение подается от датчиков давления на реле, управляющие соответствующим электроприводом вентилятора.

Это самая простая и дешевая схема повышения давления конденсации.

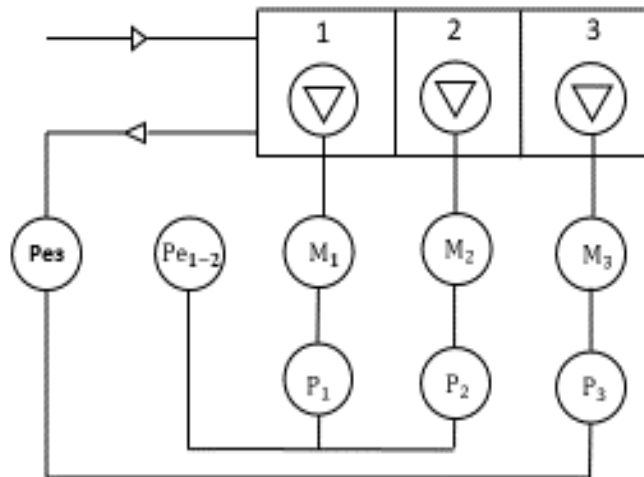


Рис. 7.5. Схема повышения давления конденсации ступенчатым изменением количества работающих вентиляторов

Контрольные вопросы для самоконтроля

1. Как изменится давление конденсации хладагента в ПКХМ при увеличении температуры охлаждающей среды конденсатора?
2. На что влияет изменение отношения P_K/P_O в ПКХМ?
3. Какой регулятор давления используется при регулировании P_K способом подтопления конденсатора?
4. С какой целью устанавливается регулятор NRD в схеме регулирования P_K способом подтопления конденсатора и где он устанавливается?
5. В чём заключается способ регулирования P_K изменением расхода охлаждающей среды?

Лекция 8

КОНДИЦИОНЕРЫ СПЛИТ-СИСТЕМ

Учебные вопросы:

1. Назначение и классификация кондиционеров сплит-систем.
2. Устройство кондиционеров сплит-систем.
3. Система управления кондиционеров сплит-системы.
4. Многозональные сплит-системы с изменяемым расходом хладагента.
5. Канальные кондиционеры и кондиционеры сплит-систем с приточной вентиляцией.
6. Физические свойства хладагентов.

Вопрос 1. Назначение и классификация кондиционеров сплит-систем

Кондиционеры сплит-систем предназначены для тепловлажностной обработки воздуха бытовых и служебных помещений. Широкое применение такие кондиционеры нашли в быту и связано это с дешевизной, простотой монтажа и обслуживания, входящего в него составных элементов. Недостатком является отсутствие подмеса у большинства из них в кондиционируемый воздух свежего атмосферного воздуха, что вынуждает периодически открывать в помещении окна или форточки.

Классификация сплит-систем осуществляется по их исполнению и холодопроизводительности:

- а) настенные $Q=1,5 \div 5$ кВт;
- б) напольно-потолочные $Q=4 \div 9$ кВт;
- в) потолочного типа $Q=5 \div 14,5$ кВт;
- г) настенного типа $Q=5 \div 14$ кВт;
- д) многозональные с изменяемым расходом хладагента.

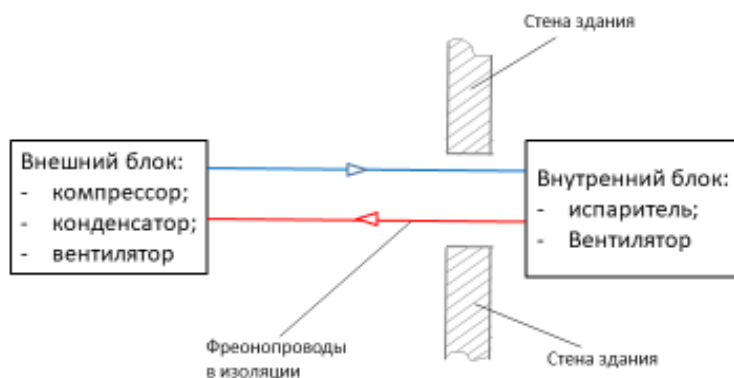


Рис. 8.1. Блочная схема сплит-системы

Наружный блок (рис.8.1) устанавливается на: стене здания, крыше или чердаке, балконе – в тех местах, где конденсатор обдувается холодным атмосферным воздухом.

Внутренний блок – устанавливается непосредственно в кондиционируемом помещении.

Наибольшее распространение получили настенные кондиционеры, в которых к одному наружному блоку подключается один внутренний блок.

Если к одному наружному блоку подключается более 2-х внутренних блока – это мульти СПЛИТ система.

Управление блоками осуществляется с пульта дистанционного управления.

Мощность настенных кондиционеров ограничена, так как сильная струя холодного воздуха, характерная для кондиционеров большой мощности, может вызвать неприятные ощущения у потребителя.

У напольного кондиционера внутренний блок имеет несколько другую конструкцию, чем у настенного. В больших помещениях (залы библиотек, конференций, ресторанах) там, где нет подвесных потолков устанавливаются кондиционеры колонного типа. Такие кондиционеры имеют большую холодопроизводительность и создают сильный воздушный поток, который первоначально может подаваться в потолок, а затем равномерно распределяться по всему объему помещения.

В помещениях с подвесными потолками устанавливаются кондиционеры кассетного типа, в которых предусмотрена возможность присоединения воздуховодов для подачи до 10 % свежего воздуха.

Вопрос 2. Устройство кондиционеров сплит-системы

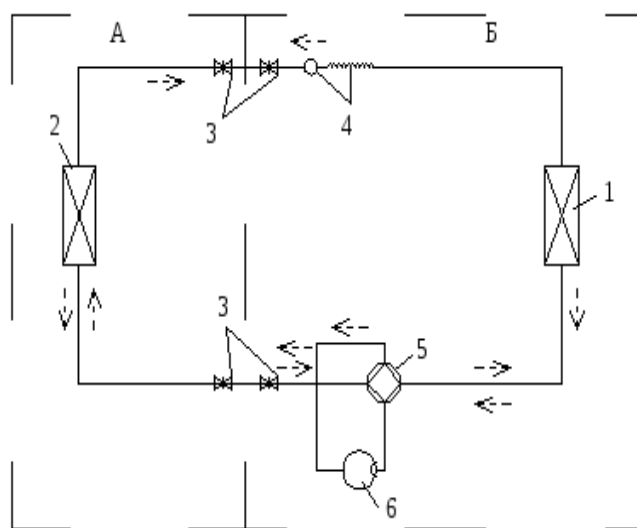


Рис. 8.2. Схема холодильного контура кондиционера сплит-системы

Функционально кондиционер сплит-системы состоит (рис. 8.2) из двух блоков-внутреннего (А) и наружного (Б). В наружном блоке расположены конденсатор с вентилятором (1), сервисные клапаны (3), 4-ходовой клапан (5), дроссель (4) и компрессор (6). Во внутреннем блоке испаритель (2) и вентилятором и платой управления (на ртс.2 не показана).

Назначение компрессора – обеспечение всасывания парообразного хладагента, поступающего от испарителя при низком давлении и низкой температуре, его сжатие и повышение давления и температуры и направление его в конденсатор.

В сплит-системах применяются компрессоры:

- а) поршневые;
- б) ротационные, винтовые, спиральные.

Принципиальное отличие ротационных, спиральных и винтовых компрессоров от поршневых заключается в том, что всасывание и сжатие хладагента осуществляется не за счет возвратно-поступательного движения поршней в цилиндре, а за счет вращательного движения рабочих органов.

Дроссель – представляет собой капиллярную медную трубку диаметром около 0,6 мм. Служит для дозированной подачи жидкого хладагента из области высокого давления (от конденсатора) в область низкого давления (к испарителю). В более мощных установках применяются терморегулирующие вентили.

Теплообменники – выполняются в виде многорядной медной трубки с пластинчатым оребрением. Служат для охлаждения (подогрева) рабочей среды.

В зависимости от рабочей среды применяются:

- а) пластинчатые испарители для охлаждения воды;
- б) кожухотрубные испарители для охлаждения воздуха;
- в) испарители для охлаждения воздуха.

Вентиляторы – во внешнем блоке устанавливаются осевые вентиляторы с регулируемой скоростью вращения. Во внутреннем блоке применяются вентиляторы тангенциального типа. Они хорошо вписываются в конструкцию блока и позволяют получить широкую струю выходящего воздуха с малым уровнем шума (белочье колесо).

Дренажная система – при работе кондиционера может происходить конденсация влаги из воздуха, проходящего через испаритель. Для сбора конденсата имеется специальный поддон, откуда влага самотеком выводится на улицу или отводится в техническую канализацию либо дополнительную емкость.

Зимний комплект.

При отрицательных температурах наружного воздуха масло в компрессоре становится более вязким (густым), и при запуске электродвигатель компрессора может не справиться с этим и выйти из строя.

Также при низких температурах увеличивается растворимость холодильного агента в масле. Поэтому после запуска компрессора масло с растворенным в нем холодильным агентом начинает перемещаться по масляным каналам компрессора ко всем его поверхностям трения. В процессе работы внутренние части компрессора нагреваются и происходит выкипание холодильного агента из масла. В результате этого в масляном канале может обра-

зоваться газовая пробка, и произойти нарушения в системе смазки. Это приведет к заклиниванию компрессора.



Рис. 8.3. Нагреватель картера компрессора

Избежать вышеперечисленных явлений при работе кондиционера в режиме «нагрев» в холодный период, а также при работе в режиме «охлаждение» при сильном холоде, предусматривается дополнительная комплектация, которая называется «зимний комплект». В его состав входят:

- нагреватель картера (рис. 8.3);
- регулятор давления конденсации (рис. 8.4);
- дренажный нагреватель (рис. 8.5).

Нагреватель картера – это небольшой гибкий ТЭН, которым обматывается картер. При запуске компрессора в холодное время года автоматика ненадолго включает этот нагреватель. Происходит подогрев масла, что позволяет устранить вышеперечисленные негативные последствия.



Рис. 8.4. Регулятор давления конденсации

Регулятор давления конденсации (регулятор числа оборотов вентилятора наружного блока). Быстрому охлаждению и конденсации холодильного агента в теплообменнике наружного блока способствуют температура уличного

воздуха и интенсивность обдува этого теплообменника вентилятором. При понижении температуры за окном сильный обдув приводит к переохлаждению холодильного агента, по причине чего он далее не сможет вскипеть в теплообменнике внутреннего блока и перейти в газообразное состояние. Это, в свою очередь, приводит к попаданию жидкого холодильного агента в компрессор, и последний может выйти из строя.



Рис. 8.5. Дренажный нагреватель

Конечно, перед компрессором может стоять отделитель жидкости и в самом компрессоре предусмотрена защита от попадания жидкого холодильного агента. Это может спасти прибор от небольших, временных нарушений, но при постоянной такой работе поломка неизбежна.

Чтобы предотвратить такие последствия, при работе сплит-системы на охлаждение при отрицательных температурных значениях наружного воздуха устанавливают *регулятор давления конденсации*, который с понижением температуры начинает уменьшать обороты двигателя осевого вентилятора наружного блока. Этим обеспечиваются постоянное давление и температура конденсации, что не позволяет холодильному агенту сильно переохлаждаться. В конечном итоге при достижении критической температуры наружного воздуха вентилятор перестает вращаться вообще.

Такое изменение обдува теплообменника наружного блока уже предусмотрено в конструкции инверторных сплит-систем. Именно поэтому дополнительная установка регулятора давления конденсации в инверторных системах невозможна и это значит, что в инверторные кондиционеры зимний комплект нельзя устанавливать, в отличие от кондиционеров, работающие по схеме включено/выключено.

Дренажный нагреватель. При работе сплит-системы на охлаждение на теплообменнике внутреннего блока неизбежно образуется конденсат, который стекает в поддон, откуда он должен удаляться на улицу или в канализацию. В первом случае часть дренажного трубопровода будет находиться снаружи здания, в том числе зимой, при отрицательной температуре. В этом случае стекающая вода будет замерзать, создавая ледяную пробку, и ее удаление из внутреннего блока прекратится. Со временем поддон переполнится, и вся вода будет вытекать внутрь помещения.

Чтобы этого избежать, внутри дренажного трубопровода прокладывается нагревающий саморегулирующий кабель, который не позволит замерзнуть воде и создать в нем ледяную пробку. В случае вывода конденсата в канализацию весь дренажный трубопровод будет находиться постоянно при положительной температуре и дренажный нагреватель не обязателен.

Особенности комплектации зимним комплектом.

Зимний комплект для бытовых и полупромышленных сплит-систем обеспечивает работу оборудования до -25°C (-30°C). Стоит отметить, что для работы оборудования при более низких температурах зимний комплект имеет другую комплектацию.

Вопрос 3. Система управления кондиционеров сплит-системы

Различные модели кондиционеров имеют основные режимы:

- а) охлаждение;
- б) обогрев;
- г) осушение;
- д) вентиляция.

Дополнительные режимы:

- а) ночной;
- б) full (auto);
- в) горячий запуск;
- г) самодиагностика.

Вопрос 4. Многозональные сплит-системы с изменяемым расходом хладагента

Кондиционеры сплит-систем предназначены для кондиционирования одной комнаты или максимально 3-4 комнат от одного, максимум от 2-х внутренних блоков. Это так называемая, однозональная сплит-система. Многозональные системы позволяют к одному наружному блоку присоединить до 16 внутренних блоков не только различной мощности, но и различного конструктивного исполнения.

При этом, возможна частичная работа внутренних блоков на режиме охлаждения, а другая часть на режим обогрева.

Схемы построения многозональных сплит-систем бывают линейными (рис. 8.6), с коллектором (рис. 8.7) и комбинированные (рис. 8.8).

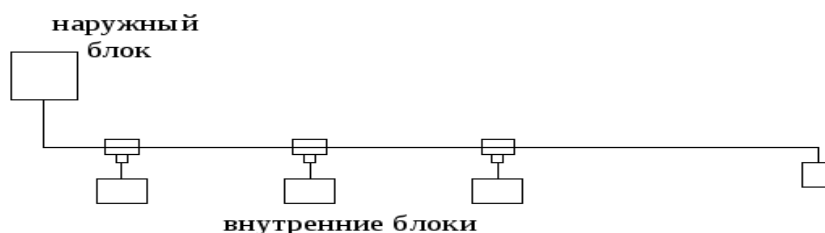


Рис. 8.6. Линейная схема многозональной сплит-системы

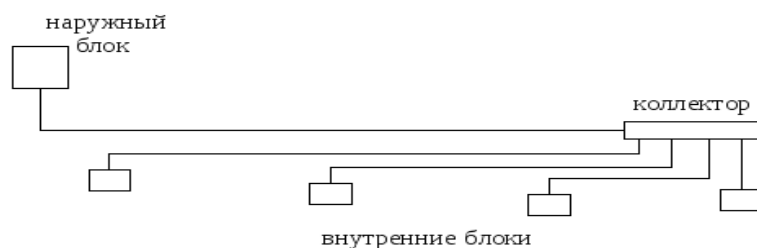


Рис. 8.7. Схема многозональной сплит-системы с коллектором

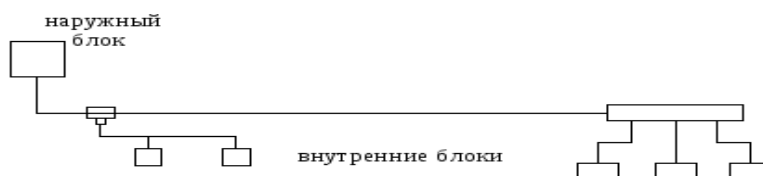


Рис. 8.8. Комбинированная схема многозональной сплит-системы

После коллекторов не должно быть дополнительных разветвлений.

Если все внутренние блоки работают в режиме охлаждения или нагрева, то эти системы не отличаются от мульти сплит- систем.

Длина соединительных трубопроводов должна быть не более 80 - 100 м.

Вопрос 5. Канальные кондиционеры кондиционеры сплит-систем с приточной вентиляцией.

Канальные сплит-системы (рис. 8.9) предназначены для кондиционирования нескольких помещений одновременно. Отличие от обычной сплит-системы состоит в том, что внутренние блоки устанавливаются за подшивным потолком, а воздух забирается и раздается воздуховодами по кондиционируемым помещениям.

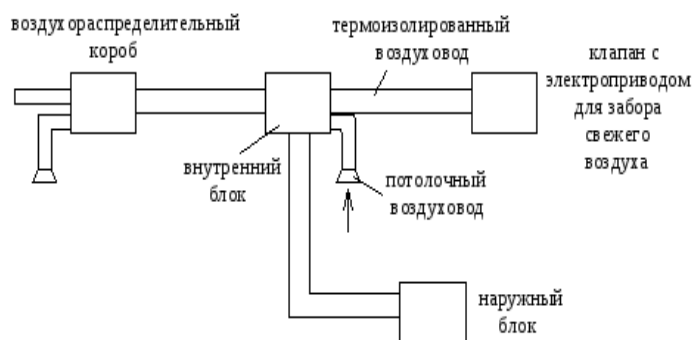


Рис. 8.9. Канальная сплит-система с приточной вентиляцией

Напор вентилятора во внутреннем блоке составляет 100÷150 Па, имеют низкий уровень шума и поэтому могут устанавливаться за подшивными потолками в помещениях.

Устанавливаются в больших помещениях, в которых вместе с кондиционированием необходима подача свежего воздуха: рестораны, конференц-залы и т.п.

Вопрос 6. Требования к хладагентам кондиционеров сплит-систем

Согласно Монреальскому протоколу, к хладагентам, используемым в кондиционерах, должны применяться три следующих требования:

- быть экологичным и не разрушать озоновый слой;
- должен быть низкой плотности и высокой теплопроводности;
- должен быть невзрывоопасным и быть совместимым с материалами и веществами, используемыми при производстве и эксплуатации кондиционера (маслом компрессора).

Фреон R-22 или дифторхлорметан. Данный хладон использовался наряду с R-12, но R-22 более экологичен, чем R-12 однако, для того чтобы перейти на него со старого хладагента, потребуется вносить существенные изменения в саму систему. Это хладагент был популярен очень долгое время благодаря невысокой стоимости и высоким охлаждающим свойствам, но стоит отметить, что он все же пагубно влияет на озоновый слой. Поэтому, согласно монреальскому протоколу, многие страны либо совсем отказались от его использования, либо снизили процент оборудования, которое работает на данном виде хладагента. Россия прекратит использовать фреон R-22 к 2030 году, сейчас еще можно встретить относительно небольшой процент кондиционеров, работающих на 22 фреоне, чаще его все же используют для холодильных машин, холодильников бытового и профессионального назначения. R-22 активно применяется в автомобильных холодильниках.

R-134a или тетрафторэтан является однокомпонентным веществом, благодаря чему при утечке он подлежит частичной дозаправке. Этот вид хладагента также является заменой R- 22. Хотя он не является горючим и токсичным, следует помнить, что при высокой температуре R-134a может образовывать фторводород, который является опасным для человека. Тем не менее, он широко используется в автомобилях, бытовых климатических системах, а также в тепловых насосах и промышленных климатических системах. Согласно Монреальскому протоколу R-134a запрещен во многих странах.

R-407C также выступает в качестве аналога R- 22, чаще всего используется для замены старого фреона. При замене фреона также потребуется замена масла. R-407 фреон широко применялся во всех типах климатического оборудования – в бытовых линейках, в полупромышленных и промышленных кондиционерах. Его разрушительный коэффициент озонового слоя равен нулю, но все же он влияет на глобальное потепление. Так как данный вид фреона не является однокомпонентным, то при его утечке необходимо полностью сливать остатки фреона и заправлять кондиционер снова полностью.

Характеристики рассмотренных фреонов приведены ниже.

Обозначение	R - 22	R – 134a	R–407C
Химическая формула	CHClF_2	CH_2FCF_3	смесь
Температура кипения, $^{\circ}\text{C}$	-40,75	-26,1	-43,6
Температура замерзания, $^{\circ}\text{C}$	-160	-101,0	-
Плотность жидкости, кг/м^3	1194	1206	1136
Температура испарения, кДж/кг	233,5	217,1	246,1
Давление пара, бар при 25 $^{\circ}\text{C}$	10,4	6,66	11,85
Критические температуры, $^{\circ}\text{C}$	96	101,1	86,7
Критическое давление, бар	49,77	40,6	46

Для того чтобы узнать точное количество фреона, который должен быть заправлен в кондиционер, необходимо знать модель кондиционера, вид фреона, а также длину трассы. Производитель всегда указывает примерное количество фреона на любом кондиционере, в этот расчет заложена заправка кондиционера с учетом трассы от 4 до 10 м. Если длина трассы будет превышать данный показатель, то рекомендуется, в среднем, добавить до 30 гр на каждый дополнительный метр.

Для того чтобы правильно заправить кондиционер, необходим целый перечень специальных инструментов: вакуумный насос, весы, набор ключей, манометрический коллектор, шланги и т.д (рис. 8.10).



Рис. 8.10. Вакуумный насос, весы, манометрический коллектор, шланги для заправки кондиционера фреоном

Контрольные вопросы для самоконтроля

1. Какое основное преимущество сплит-системы?
2. Какой основной недостаток сплит-системы?
3. Из каких основных частей состоит внутренний блок сплит-системы?
4. Из каких основных частей состоит наружный блок сплит-системы?
5. Что является источником холода в сплит-системе?
6. Какое назначение имеет зимний комплект сплит-системы?
7. Какие основные функции выполняет кондиционер сплит-системы?
8. Какую функцию выполняет многозональная сплит-система?
9. Какие хладагенты используются в сплит-системе?
10. Какое сервисное оборудование сплит-системы вы знаете?

Лекция 9

СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА С ЦЕНТРАЛЬНЫМ КОНДИЦИОНЕРОМ

Учебные вопросы

1. Принципиальная схема кондиционирования воздуха.
2. Структурная схема системы кондиционирования воздуха.
3. Центральный кондиционер.

Вопрос 1. Принципиальная схема кондиционирования воздуха

Принципиальная схема системы кондиционирования воздуха представлена на рис. 9.1. На приточный воздух возлагается функция регулирующего воздействия на тепловлажностное состояние помещения. Изменяется также температура и относительная влажность наружного воздуха, поэтому воздуху, прежде чем подать его в помещение, необходимо придать определенное состояние (заданные кондиции). Его необходимо очистить, охладить и осушить летом, нагреть и увлажнить зимой. Тепловлажностная обработка воздуха является основным процессом.

Наружный воздух забирают через воздухозаборное устройство (рис. 9.1).

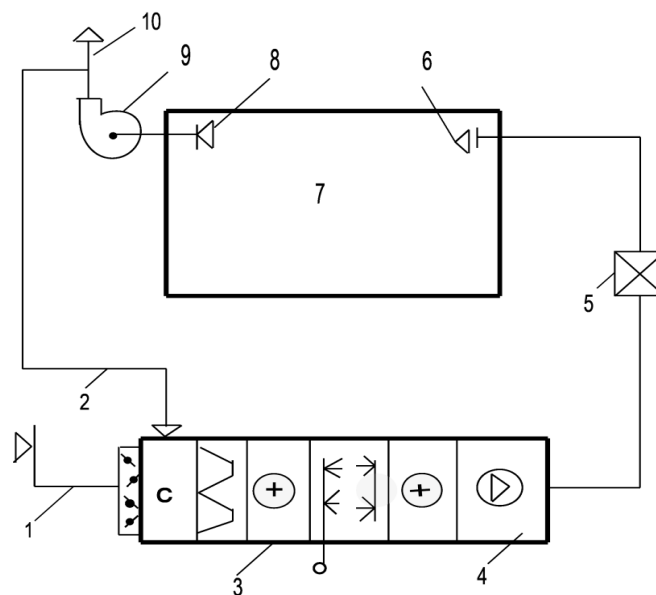


Рис. 9.1. Принципиальная схема системы кондиционирования воздуха
с центральным кондиционером:

1 – воздухозаборное устройство, 2 – рециркуляционный воздуховод, 3 – центральный кондиционер, 4 – приточный вентилятор, 5 – воздухопроводник, 6 – система распределения воздуха, 7 – кондиционируемое помещение, 8 – система удаления воздуха, 9 – вытяжной вентилятор, 10 – канал для выброса воздуха

В кондиционере он очищается в фильтрах, смешивается, если это целесообразно, с рециркуляционным воздухом, проходит регулирующую тепловлажностную обработку в специальных секциях. По пути в помещение он

может проходить дополнительную обработку в доводчиках. Воздух поступает в помещение через воздухораспределительные устройства, обеспечивающие его требуемую подвижность в обслуживаемой или рабочей зоне помещения. Приточный кондиционированный воздух выполняет в помещении свои регулирующие функции и замещает отработанный воздух. Воздух через вытяжные устройства удаляется из помещения вытяжным вентилятором в атмосферу, а частично направляется на рециркуляцию в кондиционер.

Вопрос 2. Структурная схема системы кондиционирования воздуха

Основными элементами структурной схемы СКВ (рис. 9.2) являются воздухозаборное устройство, установка кондиционирования воздуха, система подачи и распределения воздуха в помещении и система удаления и рециркуляции воздуха. Обслуживающие и дополнительные системы и устройства – это системы теплоснабжения, холодоснабжения, водоснабжения (водоподготовки и дренажа), электроснабжения. Отличительной особенностью СКВ является то, что она имеет автоматизированную систему, обеспечивающую режим ее работы и регулирование. В современных условиях СКВ, как правило, включает систему утилизации тепла, холода, использования нетрадиционных источников энергии. Вся эта сложная совокупность устройств для поддержания режима работы с заданной обеспеченностью при минимальном расходе энергии должна иметь систему автоматизированного управления.

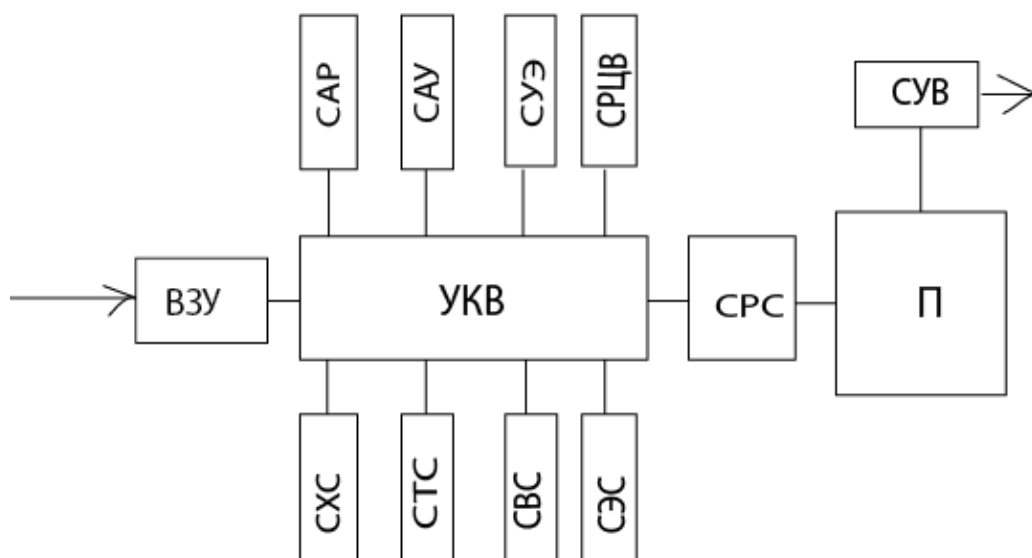


Рис. 9.2. Структурная схема системы кондиционирования воздуха:

ВЗУ – воздухозаборное устройство, П – помещение, САР – система автоматического регулирования, САУ – система автоматического управления, СРВ – система распределения воздуха, СРЦВ – система рециркуляции воздуха, СТС – система теплоснабжения, СУВ – система удаления воздуха, СУЭ – система утилизации энергии, СХС – система холодоснабжения, СЭС – система энергоснабжения, УКВ – установка кондиционирования воздуха, СВС – система водоснабжения

Из рассмотрения принципиальной и структурной схемы СКВ следует, что весь комплекс ее технических устройств можно представить в виде двух взаимосвязанных контуров (рис. 9.3).

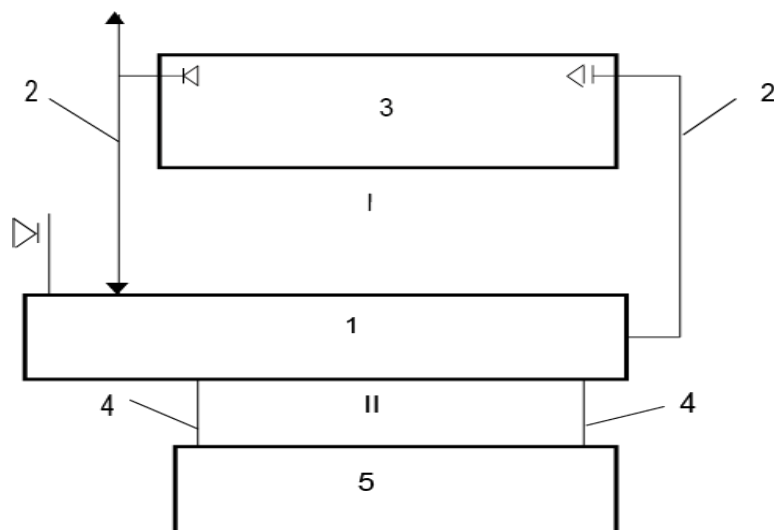


Рис. 9.3. Главный (I) и дополнительный (II) контуры системы кондиционирования воздуха:
1 – установка кондиционирования воздуха, 2 – система воздуховодов и устройств для забора, распределения, удаления и рециркуляции воздуха, 3 – кондиционируемое помещение, 4 – распределительные сети СХС, СВС, СТС, СЭС, 5 – генераторы тепла и холода, системы подачи воды и электроэнергии

Главный контур I, в котором обрабатывается и перемещается кондиционируемый воздух, состоит из трех основных элементов установки кондиционирования (тепловлажностной обработки) воздуха; системы воздуховодов и устройств для забора, распределения, удаления и рециркуляции воздуха; помещения, как объекта регулирования.

Дополнительный контур II (система тепло- и холодоснабжения) в свою очередь состоит также из трех основных элементов той же установки тепловлажностной обработки воздуха; распределительной системы тепло- и холодоснабжения; источников тепла и холода (теплообменники, холодильная установка).

Установка тепловлажностной обработки воздуха является одновременно элементом и главного и дополнительного контуров.

Вопрос 3. Центральный кондиционер

Центральные кондиционеры (рис. 9.4), нашли самое широкое применение в комфортном и технологическом кондиционировании, представляют собой неавтономные кондиционеры, снабжаемые извне холодом (подводом холодной воды или незамерзающих жидкостей), теплом (подводом горячей воды или пара) и электроэнергией для привода вентиляторов, насосов, запорно-регулирующих аппаратов на воздушных и жидкостных коммуникациях и пр.

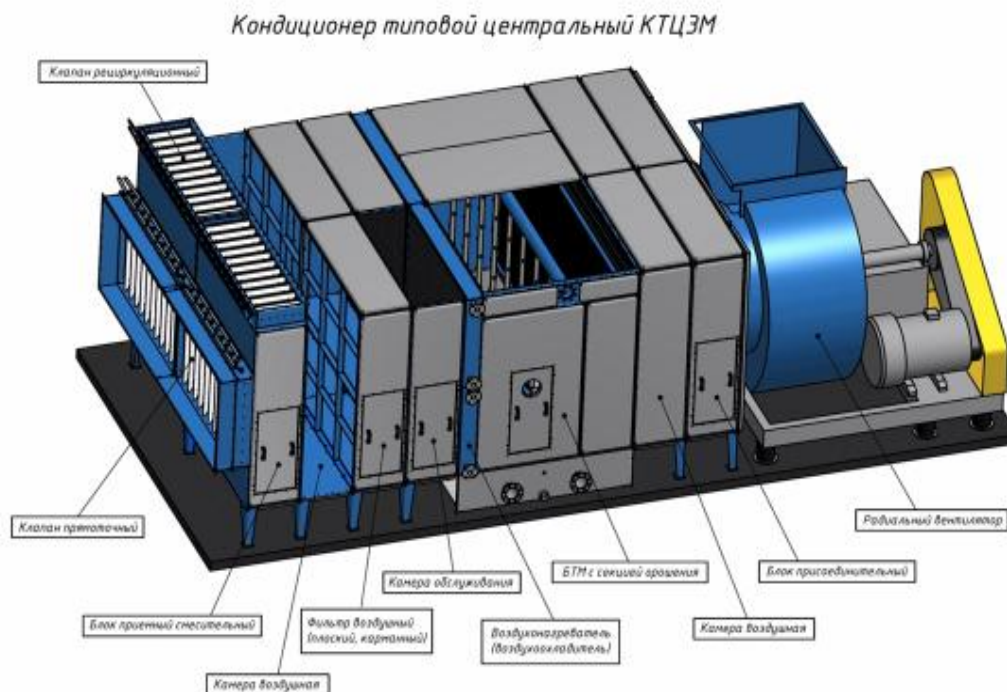


Рис. 9.4. Центральный кондиционер

Центральные кондиционеры предназначены для обслуживания нескольких помещений или одного большого помещения. Иногда несколько центральных кондиционеров обслуживают одно помещение больших размеров (театральный зал, стадион, производственных цех и т.п.). Современные центральные кондиционеры выпускаются в секционном исполнении и состоят из унифицированных типовых секций, предназначенных для тепловлажностной обработки воздуха, смешения и перемещения потоков воздуха. Корпус кондиционера выполнен на базе каркаса из алюминиевых профилей, к которым крепятся постоянные и съемные панели. Панели состоят из наружного и внутреннего оцинкованных листов, между которыми устанавливается минераловатная теплоизоляционная прокладка.

Требования к параметрам кондиционируемого воздуха лежат в основе технологической компоновки, поэтому набор секций может быть весьма разнообразен. Секции могут быть смонтированы и двухъярусном исполнении (рис. 9.5). Размеры секций унифицированы и зависят, как правило от расхода и скорости обрабатываемого воздуха. Среди основных секций, используемых при компоновки центрального кондиционера: секция вентиляторная, охлаждения, нагрева, увлажнения, фильтрации, шумоглушения и теплоутилизации. Выбор той и ли иной компоновки (технологической схемы обработки воздуха) зависит от многих факторов, в первую очередь, от назначения и режима использования помещений, а также от санитарно-гигиенических, строительно-монтажных, архитектурных, эксплуатационных и экологических требований.



Рис. 9.5. Центральный кондиционер в 2-ярусном исполнении

Контрольные вопросы для самоконтроля

1. Перечислите основные элементы СКВ с ЦК.
2. Какую функцию выполняет рециркуляционный воздуховод?
3. Что является источником тепла в СКВ с ЦК?
4. Что является источником холода в СКВ с ЦК?
5. Какие функциональные элементы входят в ЦК?
6. Какие процессы тепловлажностной обработки воздуха протекают в ЦК?

Лекция 10

ЦЕНТРАЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Учебные вопросы:

1. Принцип работы центрального кондиционера.
2. Конструкция центральных кондиционеров.
3. Особенности применения центральных кондиционеров.
4. Достоинства и недостатки центральных кондиционеров.
5. Разновидности центральных кондиционеров.
6. Устройства охлаждения оборотной воды.

Вопрос 1. Принцип работы центрального кондиционера

Центральный кондиционер (рис. 10.1) – основная часть климатической системы, регулирующей параметры воздуха в помещениях большой площади. Их устанавливают для поддержания комфортных условий в офисах, крытых стадионах, производственных цехах, гостиницах. Централизованная система кондиционирования обеспечивает поступление свежего воздуха в каждое помещение. Окончательная регулировка микроклимата выполняется фанкойлами (аналогами внутреннего блока сплит-системы).

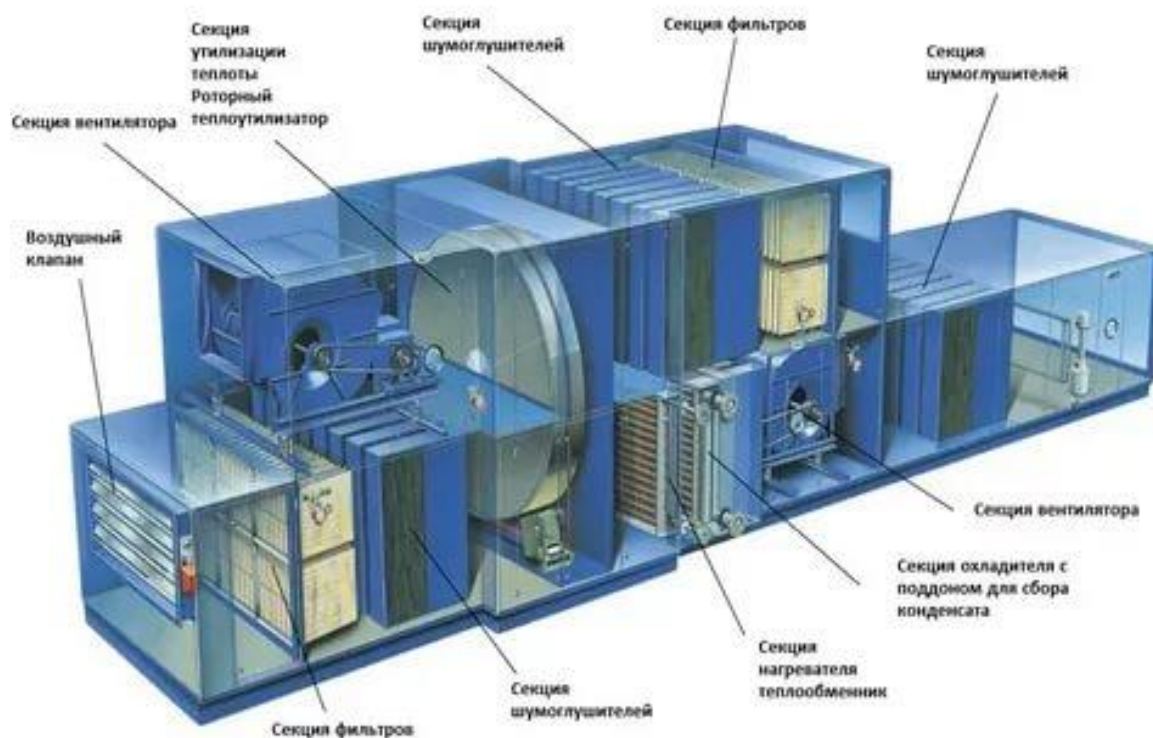


Рис. 10.1. Центральный кондиционер

Центральные системы кондиционирования воздуха состоят из нескольких частей:

- центральный кондиционер – многосекционный блок, осуществляющий забор и подготовку воздуха.

- чиллер – холодильная установка, понижающая температуру хладагента (воды, гликолевой смеси).
- фанкойл – теплообменник, установленный в помещениях для нагрева или охлаждения.
- система воздуховодов – используется для перемещения воздушных масс.

Принцип работы центрального кондиционера:

1. Вентиляторы затягивают уличный воздух в приемный клапан.
2. Выполняется очистка фильтрующими устройствами, удаляющая до 90 % загрязнения и примесей.
3. Подготовленная воздушная масса последовательно проходит тепловлажностную обработку в соответствующих функциональных блоках до заданных параметров.
4. По разветвленной системе воздуховодов кондиционированный воздух направляется в обслуживаемые помещения.
5. Центральный кондиционер с рециркуляцией смешивает в различных пропорциях приточный и вытяжной воздух, что сокращает расход электроэнергии на обработку уличного воздуха.

Вопрос 2. Конструкция центрального кондиционера

Сам центральный кондиционер является сборной конструкцией, где на несущей раме устанавливаются функциональные блоки, обеспечивающие необходимую тепловлажностную обработку воздуха в кондиционируемом здании. Минимально необходимый набор таких блоков – это приемное устройство со смесительной камерой, фильтр, нагреватель, охладитель воздуха и вентиляторный модуль (рис. 10.2).

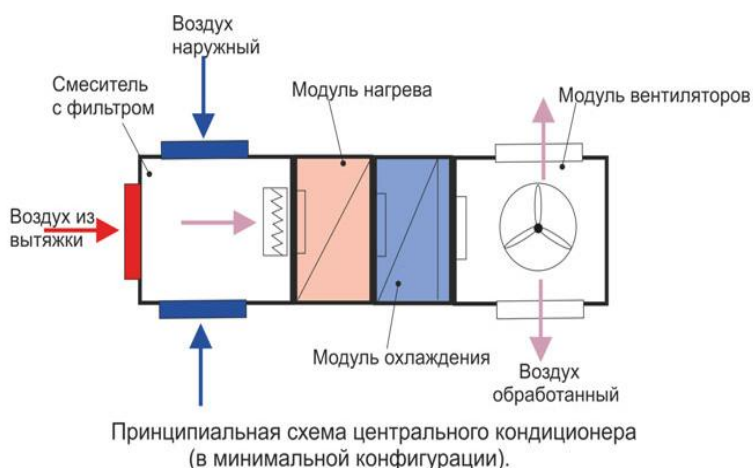


Рис. 10.2. Центральный кондиционер минимальной конфигурации

В более полном варианте на несущей раме размещены следующие секции (рис. 10.3):

- *секция вентиляторов*. Назначение – обеспечение забора атмосферного воздуха и подача в кондиционируемые зоны. Используются приборы центробежного типа;

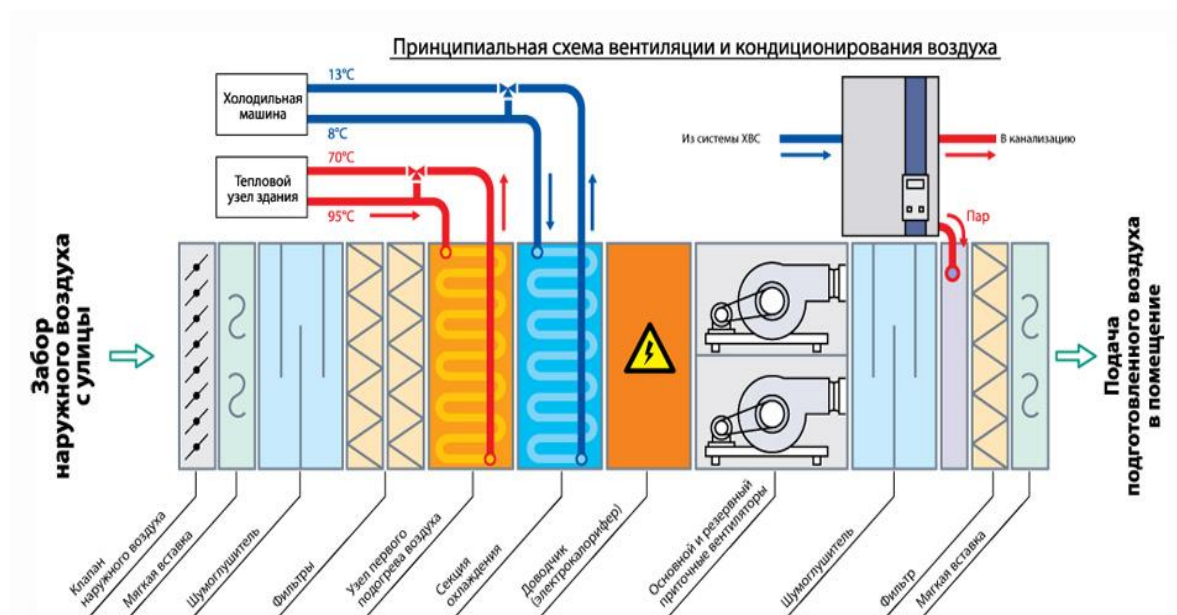


Рис. 10.3. Центральный кондиционер полной конфигурации

- *секция охлаждения*. Теплообменник, состоящий из медных трубок, по которым циркулирует вода или фреон. В первом случае внешним источником холода является чиллер. При использовании фреона в качестве хладагента модуль соединяется с компрессорно-конденсаторным блоком;

- *секция фильтрации*. Функция модуля – очистка закачанного воздуха. В кондиционере задействованы две группы фильтров: первичные и вторичные. На начальном этапе происходит очистка устройствами класса EU1-EU3, удаляющими до 60 % пыли. Вторая ступень – использование фильтров тонкой очистки EU5-EU6, задерживающих 90 % загрязнения. Улавливающие элементы монтируются на раме с уплотнителем. Центральные установки для кондиционирования воздуха оснащаются синтетическими гофрированными, мешочными, абсорбционными, дезодорирующими фильтрами;

- *секция нагрева*. Конструктивно напоминает модуль охлаждения (состоит из трубок). Комплектуется водяным, паровым или электрическим нагревателем;

- *секция увлажнения*. Модуль представляет собой пароувлажнитель или оросительную камеру с форсункой. Проходящий воздух насыщается мелкой водяной взвесью. После секции устанавливается каплеуловитель, предотвращающий попадание влаги в другие части оборудования;

- *секция шумопоглощения*. Для снижения интенсивности воздушного шума установлены звукопоглощающие пластины. Они изготавливаются из нескольких слоев минеральной ваты или стекловолокна.

Вопрос 3. Особенности применения центральных кондиционеров

Центральный кондиционер является неавтономным, для функционирования агрегата требуется поступление холода и тепла извне. Его обеспечение осуществляется за счет воды из чиллера, подключения к системе отопления (бойлеру). Климатическое оборудование, обслуживающее торговые комплексы и промышленные объекты (рис. 10.4), отличается высокой производительностью от 500 до 120 тыс. м³/ч. Мощное оборудование проектируется с учетом энергоэффективности. Увеличить КПД системы позволяет рекуперация тепла. Кондиционеры функционируют совместно с чиллерами или компрессорно-конденсаторными устройствами. Центральный кондиционер рассчитан на несколько помещений, при недостатке мощности устанавливается два агрегата.

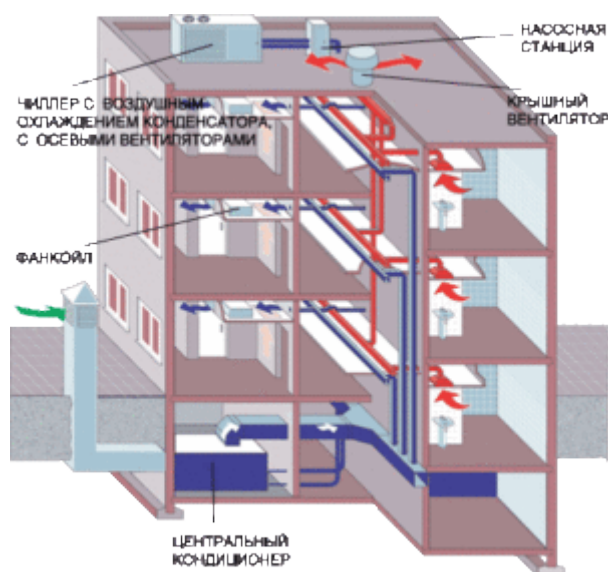


Рис. 10.4. Применение ЦК для торгового комплекса

Оборудование используется в бытовом, коммерческом, общественном и промышленном секторе. Центральные установки обслуживают:

- офисные центры;
- медицинские учреждения;
- концертные залы;
- пищевое производство;
- фармацевтические предприятия;
- торговые центры.

Вопрос 4. Достоинства и недостатки центральных кондиционеров

Центральные кондиционеры имеют ряд преимуществ над другими видами климатической техники:

1. Центральная установка, работающая на все здание, обходится дешевле, чем сплит-системы в каждой комнате. Затраты на начальном этапе компенсируются небольшим расходом электроэнергии на функционирование кондиционера.

2. Разрешается монтаж длинных коммуникационных магистралей, потери мощности при этом минимальные.

3. Обслуживание и ремонт одного основного блока системы кондиционирования занимает меньше времени и обходится дешевле.

4. Кондиционеры устанавливаются в технических помещениях или на крыше. Они не портят интерьер, не отнимают пространство. Шум вентиляторов не беспокоит служащих и посетителей.

5. Система способна охладить или обогреть большие объемы воздуха.

6. Центральные кондиционеры спроектированы для решения комплекса задач. Оборудование снижает температуру, нагревает, очищает, увлажняет и распределяет воздушные массы.

Недостатки:

1. Сложная схема монтажа, требующая установки вытяжек, прокладки воздуховодов.

2. Значительные габариты требуют выделения места.

3. Высокая стоимость оборудования.

Вопрос 5. Разновидности центральных кондиционеров

Выделяют 5 систем центрального кондиционирования:

- мультизональные системы;
- системы чиллер-фанкойл;
- крышные кондиционеры (руфтопы);
- прецизионные кондиционеры;
- приточные установки с компрессорно-конденсаторными блоками (ККБ) или чиллерами.

Кроме этого, в состав систем промышленного кондиционирования могут входить вспомогательные, но от этого не менее важные, агрегаты – драйкулеры (сухие градирни), мокрые градирни, выносные конденсаторы, гидромодули и т.д.

5.1. Мультизональные системы

Мультизональные системы (рис. 10.5) применяют для объектов с большим количеством помещений (до нескольких сотен), где есть необходимость в индивидуальном регулировании температуры воздуха и особые требования по комфортности помещений. Конструктивно мультизональная система состоит из одного или нескольких наружных блоков, соединенных хладоновыми трубопроводами, электрическими кабелями питания и управления с необходимым числом внутренних блоков настенного, напольно-потолочного, кассетного и канального исполнения. Причем каждому блоку может быть задан свой режим и параметры работы. Максимальная длина хладоновых трубопроводов может достигать нескольких сотен, а перепады высот между наружными и внутренними блоками – нескольких десятков метров. Величины длин и перепадов высот для мультизональных систем ограничены только производительностью и мощностью хладоновых компрессоров.

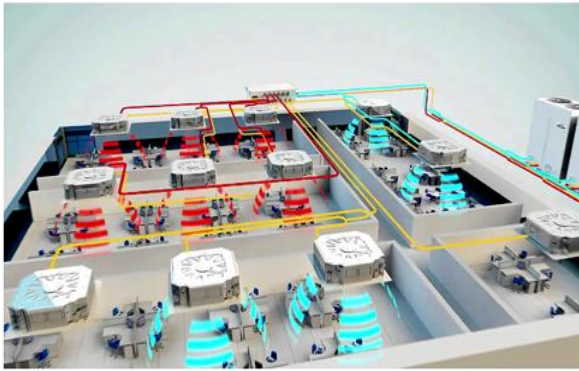


Рис. 10.5. Мультизональные центральные кондиционеры

Особенности мультизональных систем кондиционирования:

- возможность их работы с переменным расходом хладагента;
- возможность применения большого числа внутренних блоков;
- наружные и внутренние блоки допускают монтаж и дальнейшую эксплуатацию при значительных длинах и перепадах высот хладоновых трубопроводов;
- есть возможность постепенно вводить в работу систему кондиционирования и наращивать количество внутренних блоков;
- возможность использования внутренних блоков одновременно в двух различных режимах работы – кондиционирования и нагрева воздуха (в случае применения трехтрубной схемы хладоновых коммуникаций);
- есть возможность подачи (подмеса) в помещения свежего наружного воздуха.

5.2. Система чиллер-фанкойл

Система чиллер-фанкойл (рис. 10.6) может обеспечить независимое регулирование температуры воздуха одновременно в большом количестве помещений разного размера (номерах гостиниц, офисах) и точное поддержание температуры в специальных помещениях. Фанкойлы могут работать одновременно только в одном и том же режиме. Чиллер – холодильная машина для охлаждения воды или водных растворов гликолей. Чиллер является источником холодоснабжения, но может (при соответствующем техническом оснащении) работать в режиме теплового насоса, подогревая воду для отопления в межсезонье и в холодное время года. Основным потребителем холода (тепла) является вентиляторный доводчик или фанкойл. Конструктивно он не отличается от внутреннего блока мультизональных систем с той лишь разницей, что в его контуре циркулирует не хладагент, а охлажденная вода от чиллера. Чиллер с фанкойлами объединен в единую систему с помощью водопроводных труб – металлических или пластиковых.



Рис. 10.6. Система чиллер-фанкойл

Особенности систем чиллер-фанкойл:

- к одному чиллеру можно подключить большое число фанкойлов, работающих независимо друг от друга;
- системе задается общий режим работы, а регулирование температуры воздуха каждого фанкойла производится его пультом управления или групповым пультом всей системы кондиционирования;
- есть возможность постепенно вводить в эксплуатацию систему кондиционирования здания, наращивая число фанкойлов;
- предельные длины и перепады высот водяных трубопроводов ограничены только мощностью и расходом установленного в гидромодуле насоса (насосов).

5.3. Крышный кондиционер

Крышный кондиционер (руфтоп) (рис. 10.7) имеет моноблочную конструкцию и монтируется на кровле зданий и сооружений. Он состоит из двух секций – компрессорно-конденсаторной с хладоновым контуром для охлаждения (нагрева) воздуха, а также секции воздухоподготовки и подачи его в обслуживаемые помещения. Руфтопы могут не только охлаждать/нагревать воздух до заданной температуры, но и вентилировать помещения, подавая туда очищенный и обработанный свежий наружный воздух. Крышные кондиционеры применяют в основном для больших одноэтажных помещений с общей кровлей.

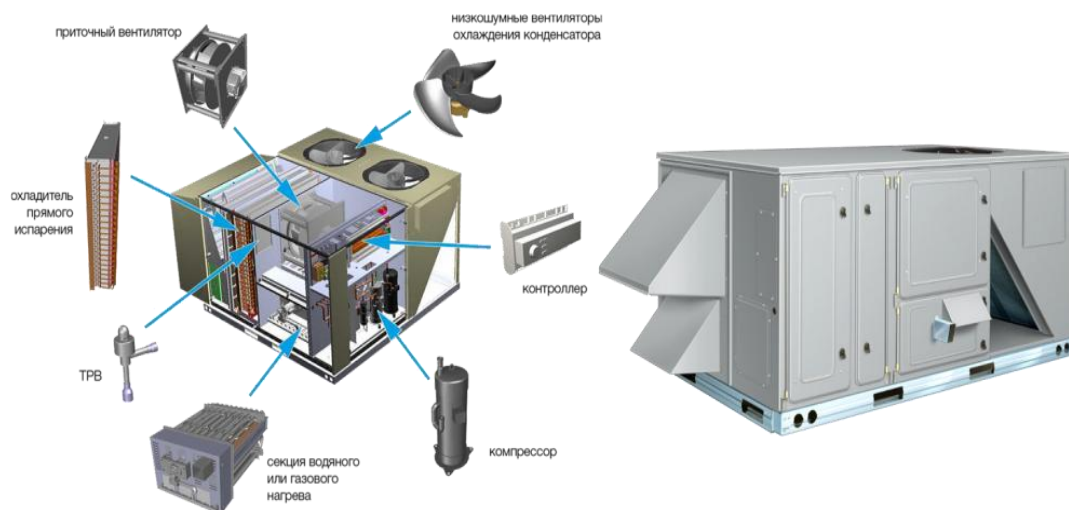


Рис. 10.7. Крышный кондиционер

Особенности руфтопов:

- высокая экономичность и надежность;
- система автоматического управления позволяет выбрать режим работы для обеспечения заданных параметров воздуха в обслуживаемом помещении;
- небольшие масса и габариты;
- простота монтажа и эксплуатации;
- один агрегат может работать в нескольких режимах – кондиционирование, нагрев воздуха и вентиляция;
- достаточно широкий диапазон производительности по охлаждению/нагреву (7...450 кВт) и воздуху (1500...55000 м³/ч);
- низкий уровень шума.

5.4. Прецизионные кондиционеры

Прецизионные кондиционеры (рис. 10.8) – специальные агрегаты, которые обеспечивают высокоточное (прецизионное) поддержание и контроль температуры и влажности воздуха в круглосуточном режиме круглый год, а также обязательное резервирование блоков, их соединение в общую систему и подключение к системе мониторинга и диспетчеризации здания. Эти кондиционеры работают обычно в помещениях с большими выделениями теплоты и где требуются строго определенные параметры воздуха. Конструктивно они выполнены из следующих элементов:

- компрессора;
- воздухоохладителя с прямым испарением или жидкостного;
- вентилятора;
- воздушного или водяного конденсатора;
- увлажнителя;
- систем хладоновых трубопроводов;
- контролера для автоматического управления.

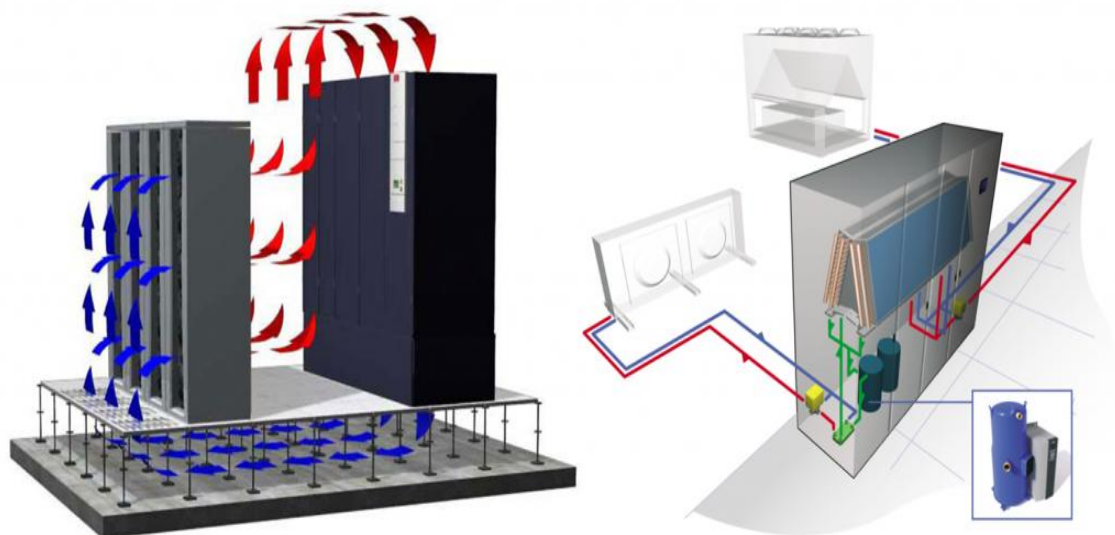


Рис. 10.8. Прецизионные кондиционеры

Конденсатор может быть встроенным или выносным. Основные режимы работы прецизионных кондиционеров – охлаждение; естественное охлаждение (Free Cooling); охлаждение и увлажнение; охлаждение и электронагрев; охлаждение, электронагрев и увлажнение.

5.5. Приточный центральный кондиционер

Приточный ЦК (рис. 10.9) с компрессорно-конденсаторным блоком (ККБ) или чиллером используют для обработки воздуха и подачи его в обслуживаемые помещения. Обработка воздуха – его очистка от пыли и других загрязнений, охлаждение, нагрев, осушение или увлажнение. Конструктивно этот агрегат состоит из отдельных типовых элементов-секций:

- воздушных клапанов с гибким фланцованным соединением;
- фильтров;
- нагрева;
- охлаждения;
- увлажнения;
- вентиляторов.

Секция охлаждения может быть оснащена хладоновым или водяным теплообменником, соединенным с хладоновым ККБ или чиллером, соответственно. Секция нагрева с водяным или паровым теплообменником, либо с электронагревателями (ТЭНами). Секция увлажнения – водяная или паровая.

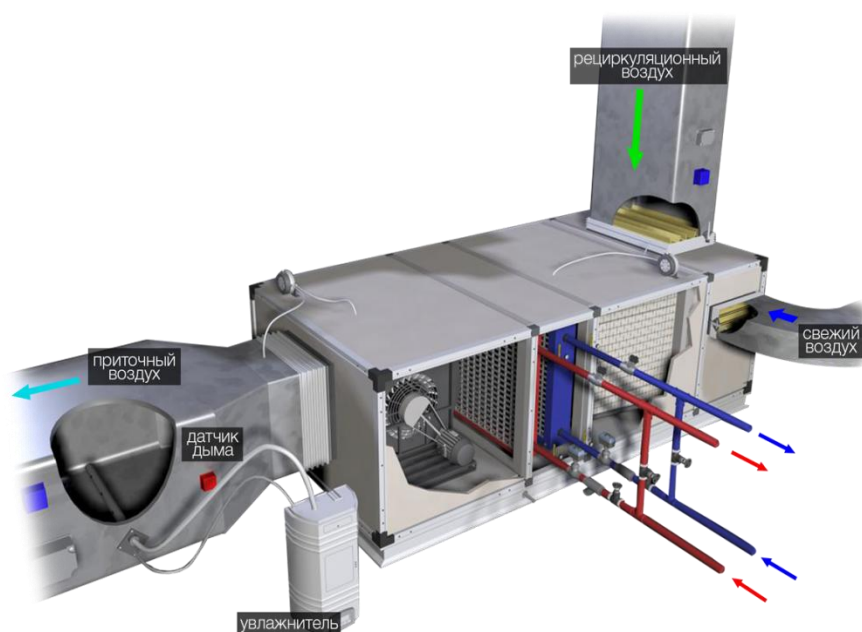


Рис. 10.9. Приточная установка с ККБ

ККБ могут быть водяными и хладоновыми. Водяные представляют собой чиллер, состоящий из соответствующих элементов (компрессор, конденсатор, испаритель-водоохладитель и т.д.). Хладоновые состоят из компрессора, конденсатора с вентилятором, терморегулирующего вентиля и служат для подачи жидкого хладагента в секцию охлаждения центрального кондиционера или приточной установки.

5.6. Приточно-рециркуляционные ЦК

В зависимости от внутреннего устройства агрегаты делятся на несколько типов:

- Прямоточные ЦК. В системе используется только наружный воздух. Кондиционеры устанавливаются в зданиях, где повышено загрязнение воздуха пылью, токсичными парами, микроорганизмами. Недостаток прямоточного оборудования в затрате больших мощностей на обогрев и охлаждение.

- Рециркуляционные ЦК. По каналам циркулирует смесь приточного и вытяжного воздуха. Рециркуляция бывает полная или частичная. Воздух из помещений очищается, увлажняется или сушится, затем отправляется обратно. Вариант подходит для помещений, не имеющих опасных выделений.

- С рекуперацией. Кондиционеры используют тепло вытяжного воздуха, чтобы частично нагреть уличный. В специальных теплообменниках (рекуператорах) происходит обмен температурой или смешивание воздушных масс. Система обеспечивает меньший расход электроэнергии.

Вопрос 6. Устройства охлаждения оборотной воды

Для отвода теплоты в окружающую среду, образующуюся в теплообменных аппаратах системы центрального кондиционирования воздуха, используются специальные устройства: драйкулеры и градирни.

6.1. Драйкулер

Драйкулер – теплообменный аппарат «жидкость-воздух», предназначен для охлаждения жидкости без ее непосредственного контакта с воздухом. В качестве жидкого хладоносителя может применять очищенную воду или водные растворы гликолей. Монтаж – наружный. Теплообменник трубчато-ребристого типа собран в корпусе с трубопроводными коллекторами подачи и возврата жидкости, обдувается вентиляторами осевого типа, имеет систему управления вентиляторами. Применяется как основной элемент систем оборотного водонабжения для подачи хладоносителя в водяные конденсаторы чиллеров и прецизионных кондиционеров.

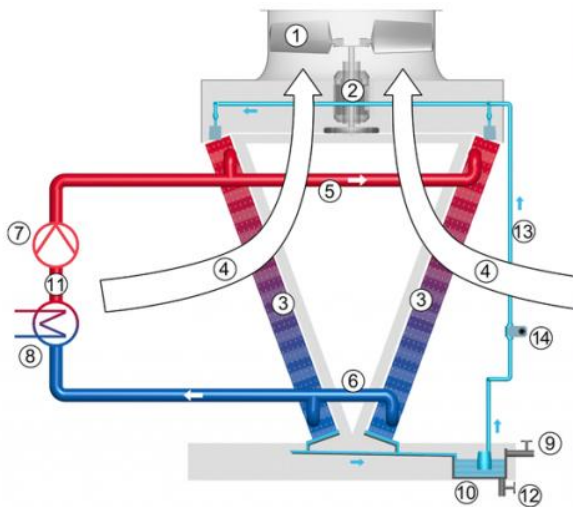


Рис. 10.10. Драйкулер

Работа драйкулера происходит следующим образом: полученное в конденсаторе избыточное тепло обратная вода передаёт в теплообменнике (поз. 8, рис. 10) и возвращается обратно в конденсатор. Нагретый теплоноситель по трубопроводу (11) насосом (7) подается в теплообменники (3), где охлаждается сначала уличным воздухом (4), а затем системой орошения (13), в которую входят насос (14), питающий клапан (9) и поддон (10). Обдув воздухом теплообменников (3) обеспечивает работающий вентилятор с электродвигателем (2).

6.2. Градирня

Градирня – устройство для охлаждения оборотной воды за счёт её частичного испарения при контакте с охлаждающим воздухом. Градирни могут быть закрытого и открытого типов (рис. 10.11). В них принцип испарительного охлаждения реализуется как при непосредственном контакте воды и воздуха (открытые), так и без него (закрытые). Основная область применения та же, что и у драйкулеров – охлаждение воды, подаваемой в конденсаторы чиллеров, прецизионных кондиционеров.

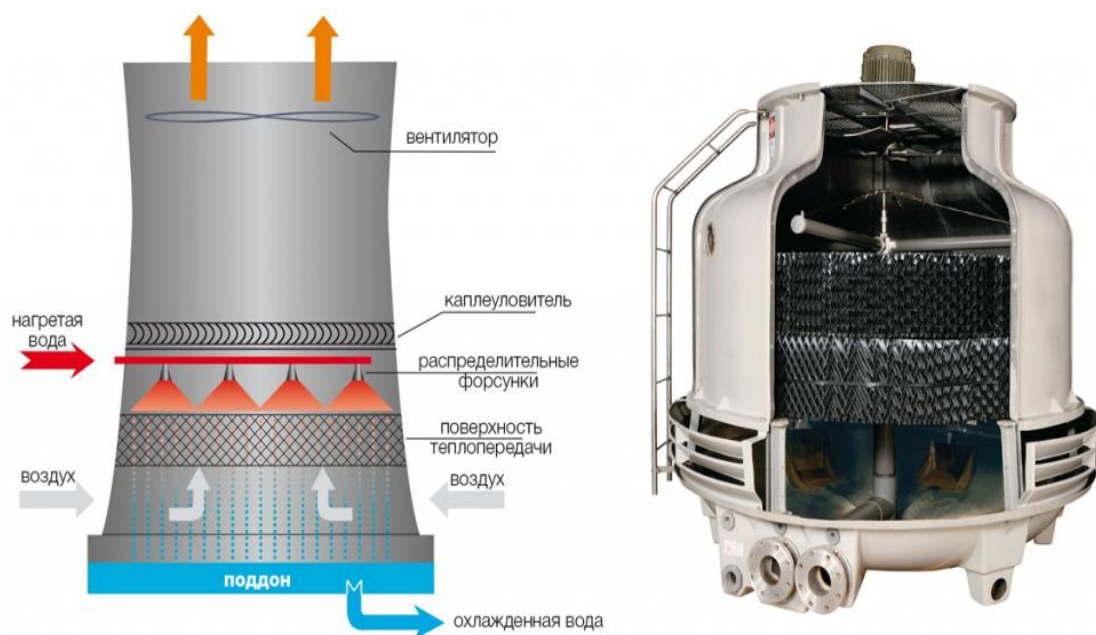


Рис. 10.11. Градирня

Контрольные вопросы для самоконтроля

1. Чем обуславливается наличие тех или иных функциональных блоков в составе ЦК?
2. Какие главные отличия ЦК от сплит-системы?
3. Преимущества ЦК в сравнении с сплит-системой.
4. Недостатки ЦК.
5. Чем обусловлено применение мультizonальных ЦК?
6. Что является источниками тепла и холода в ЦК?
7. Что обеспечивает смешение уличного и рециркуляционного воздуха в ЦК?
8. Что такое геллер?
9. Что такое фанкойл?
10. Преимущества руфтопа (крышного кондиционера)?

В авторской редакции

Изд. № 39/2023. Объем 6,25 п.л. Усл. печ. л. 5,81. Уч.-изд. л. 6,13.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»