

Лекция 3.

Классификация парокомпрессионных холодильных машин для систем кондиционирования воздуха. Водоохлаждающая холодильная машина – чиллер. Режим теплового насоса чиллера. Компрессоры, применяемые в холодильном оборудовании СКВ . Испарители чиллера.

Конденсаторы чиллера. Устройства для регулирования параметров работы и обеспечения безопасной работы чиллера. Устройства для обеспечения надежной и безопасной работы чиллера. Подбор чиллера

В системах прямого охлаждения используют оборудования для охлаждения наружного воздуха или воздуха помещений, которое содержит в своем составе парокомпрессионную холодильную машину. В системах непрямого охлаждения для получения холодной воды применяют водоохлаждающие парокомпрессионные холодильные машины, называемые чиллерами.

В зависимости от способа охлаждения конденсатора чиллеры разделяются на чиллеры с воздушным охлаждением конденсатора и чиллеры с водяным охлаждением конденсатора. Наибольшее применение находят чиллеры с воздушным охлаждением конденсатора, когда теплота от конденсатора отводится воздухом, чаще наружным. Это способ отвода теплоты требует установки чиллера снаружи здания или применения специальных мероприятий, обеспечивающих такой способ охлаждения. Чиллеры с воздушным охлаждением конденсатора выпускаются в моноблочном исполнении, когда все элементы чиллера находятся в одном блоке, и чиллеры с выносным конденсатором, когда основной блок может устанавливаться в помещении, а конденсатор, охлаждаемый наружным воздухом, размещается вне здания, например на крыше или во дворе. Основной блок соединяется с воздушным конденсатором, установленным снаружи здания, медными фреоновыми трубами.

Чиллеры в моноблочном исполнении выпускаются с осевыми вентиляторами и с центробежными вентиляторами. Осевые вентиляторы не могут работать на вентиляционную сеть, поэтому чиллеры с осевыми вентиляторами должны устанавливаться только снаружи здания, при этом ничто не должно мешать поступлению воздуха в конденсатор и выбросу его вентиляторами.

В каталоге в зависимости от конфигурации чиллера приведен диапазон рабочих температур, в частности максимальная температура воздуха на входе в конденсатор. При расчетной температуре наружного воздуха выше 35⁰С значительно снижается холодопроизводительность чиллера и ухудшаются условия теплообмена в конденсаторе. В зависимости от условий эксплуатации выпускают чиллеры для стандартной температуры среды Т и для высокой температуры среды Н, в последнем случае выполняют конденсатор с увеличенной поверхностью теплообмена. При этом для высокой температуры среды конфигурация со значительным снижением уровня шума EN отсутствует.

Чиллеры с центробежными вентиляторами предназначены для установки внутри здания. Основные требования к этим блокам: компактность и низкий уровень шума, связанные с установкой внутри помещения. В чиллерах данного типа используются центробежные вентиляторы с низкой скоростью вращения, большая часть типоразмеров малой и средней производительности имеет спиральный компрессор, отличающийся низким уровнем шума.

Чиллер как водоохлаждающая холодильная машина состоит из основных компонентов: компрессора и электродвигателя, конденсатора, испарителя, устройства для расширения хладагента или дросселирования, блока управления.

Рассмотрим принцип работы чиллера, имеющего два режима работы: «холодильная машина» и «тепловой насос». Принципиальная схема в режиме

холодильной машины представлена на рис. 1. При подводе теплоты от охлаждаемой среды хладагент в испарителе 1 кипит при давлении испарения и превращается в парообразное состояние – пар низкого давления, который поступает в компрессор 2 для сжатия до давления конденсации. Пар высокого давления в конденсаторе 4 превращается в жидкость высокого давления, которая собирается в жидкостном ресивере 5 и оттуда, проходя последовательно через фильтр-осушитель 6, смотровое стекло 7, электронный регулирующий вентиль 8, в котором превращается в жидкость низкого давления за счет снижения давления до давления испарения, поступает в испаритель. По пути движения хладагента установлены обратные клапаны 10, обеспечивающие его движение в определенном направлении, и трехходовые клапаны 9. В холодильном контуре установлен четырехходовой клапан 3 для переключения режимов работы чиллера «холод-тепло».

Принципиальная схема работы чиллера в режиме теплового насоса представлена на рис. 2. В режиме теплового насоса происходит реверсирование холодильного цикла с помощью четырехходового клапана и теплообменники меняют свои функции: испаритель 1 становится конденсатором 1, а конденсатор 4 испарителем 4. В испарителе 4 подводится теплота от низкопотенциального источника, жидкий хладагент при низком давлении кипит и превращается в пар низкого давления. Проходя через четырехходовой клапан, в котором с помощью золотника изменилось переключение ходов, пар низкого давления поступает в компрессор 2, превращается в пар высокого давления и далее поступает в конденсатор 1, где теплота конденсации используется для нагревания воды.

Из конденсатора жидкость высокого давления по обводному трубопроводу с обратным клапаном 10 проходит через трехходовой клапан и поступает в жидкостный ресивер 5, откуда аналогично предыдущей схеме проходит через соответствующее оборудование, превращается в жидкость низкого давления и поступает в испаритель 4.

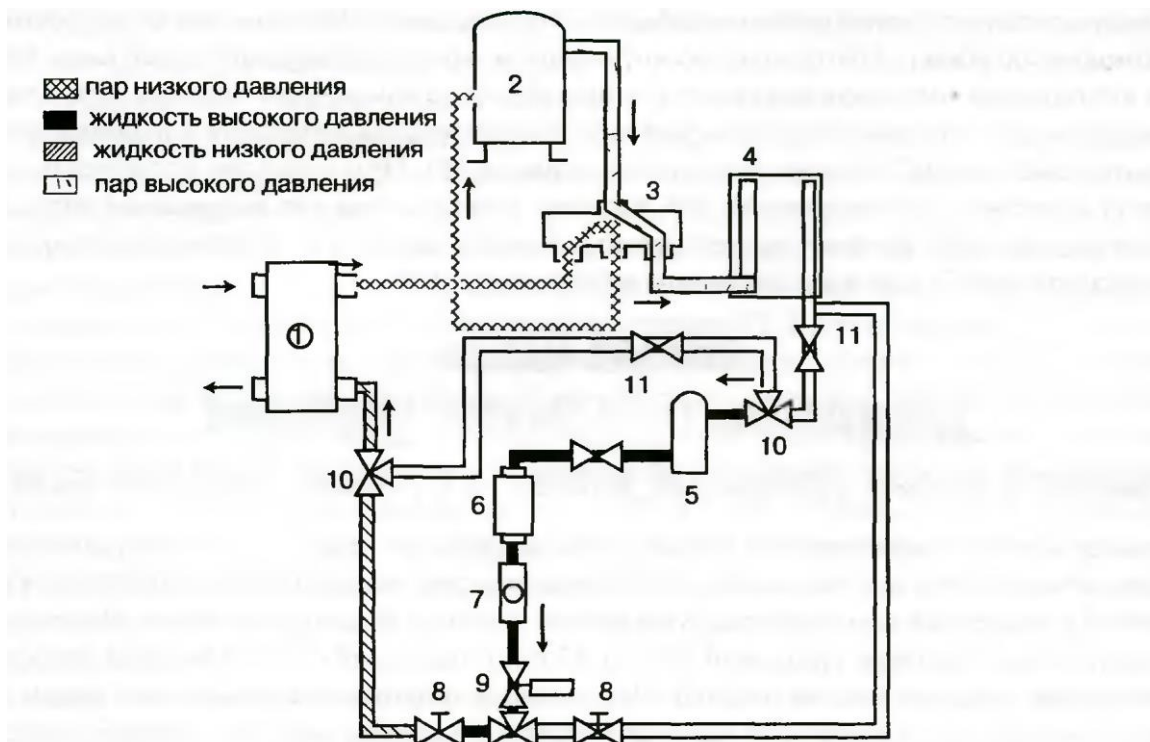


Рис.1. Схема работы чиллера в режиме холодильной машины

Для надежной и бесперебойной работы чиллера в контур хладагента включены: жидкостный ресивер, фильтр-осушитель, смотровые стекла, четырехходовой клапан. Приближенная к реальной схема холодильного контура более сложна, включает дополнительные элементы, необходимые для обеспечения безопасной работы чиллера и управления его работой, такие как предохранительные клапаны, обратные клапаны, аккумулятор хладагента, электромагнитные клапаны, реле давления и температуры. Чиллер может иметь один, два, три или четыре компрессора одинаковой или разной холодопроизводительности. В чиллерах с одним компрессором схема холодильного контура одноконтурная, в чиллерах с двумя, тремя, четырьмя компрессорами схема холодильного контура двухконтурная.

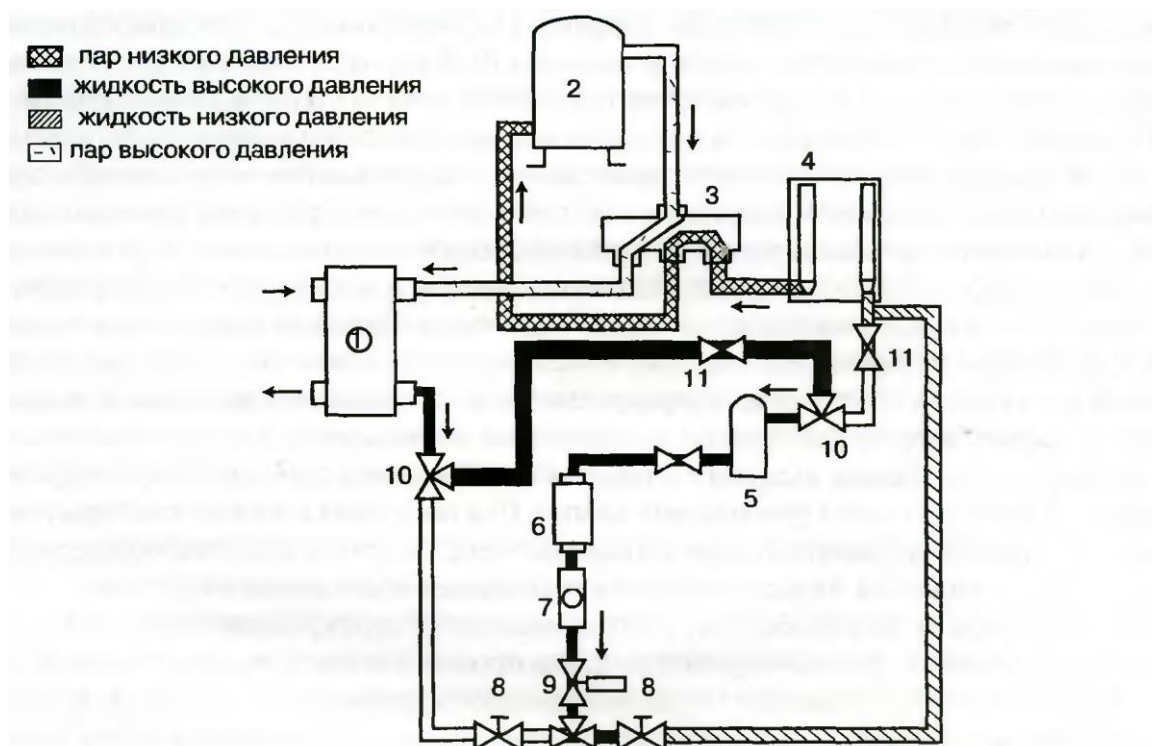


Рис.2. Схема работы чиллера в режиме теплового насоса

Компрессоры, применяемые в холодильном оборудовании СКВ

В чиллерах применяются преимущественно компрессоры объемного принципа действия: герметичные спиральные и полугерметичные винтовые.

Основу спирального компрессора составляют две спиральные пластины, вставляемые одна в другую (рис.3). Верхняя спираль, в центре основания которой находится нагнетательное отверстие, неподвижна. Нижняя спираль вращается относительно своего центра. Всасывание осуществляется по всей боковой поверхности спиралей, а нагнетание — через нагнетательное отверстие в неподвижной спирали. Каждая спираль имеет прокладку, расположенную на торцевой части стенки одной спирали и находящейся в контакте с основанием противоположной спирали, они обеспечивают герметичность в процессе сжатия.

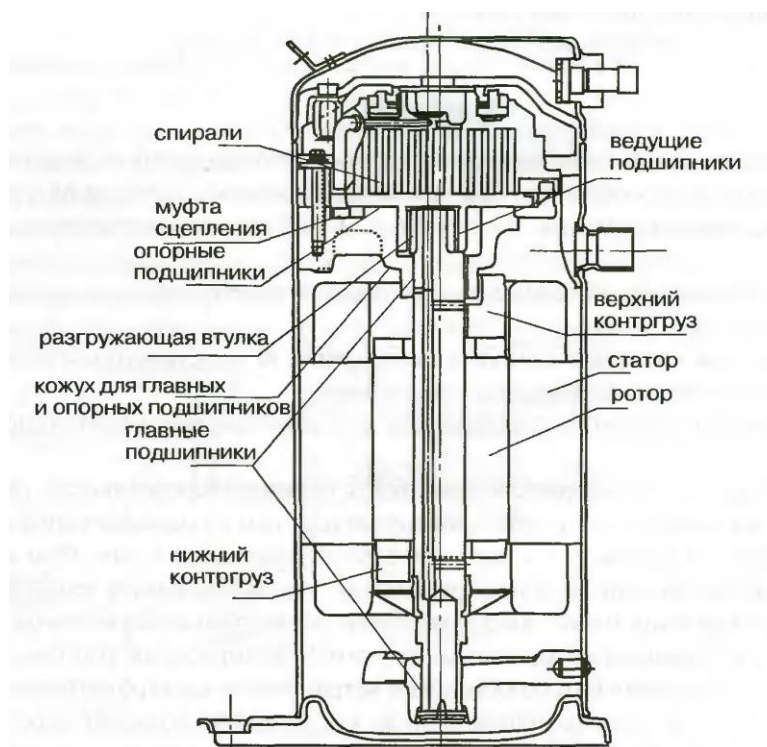


Рис. 3. Спиральный компрессор

Регулирование холодопроизводительности спирального компрессора осуществляется для небольших машин либо путем изменения частоты колебаний подвижной спирали, либо с помощью установки двух подвижных спиралей, при отключении одной производительность может меняться в отношении 2 к 1, либо путем изменения скорости вращения электродвигателя, а также механическим путем — поднятием верхней спирали с определенной частотой.

Преимуществами спирального компрессора являются:

1. высокая энергетическая эффективность, по сравнению с поршневыми - более высокий коэффициент преобразования энергии на 10-15%;
2. надежность и долговечность, связанная с меньшим количеством подвижных элементов, часто выходящих из строя, например в поршневых компрессорах, меньшая стоимость;
3. отсутствие мертвого и вредного пространства, в связи с чем объемный коэффициент подачи близок к единице, на коэффициент подачи влияют

только протечки, их величина незначительная, в связи с чем высокое значение коэффициента подачи по сравнению с винтовым компрессором, более высокий коэффициент подачи на 20-30% по сравнению с поршневыми;

4. отсутствие потерь давления, адекватных потерям давления в клапанах поршневого компрессора, при отсутствии клапана на всасывании;

5. всасываемый газ не соприкасается с горячими деталями компрессора, из-за чего не снижается изобарный коэффициент полезного действия;

6. симметрия полостей всасывания и центральный выхлоп сжатых газов, малая скорость движения газа обеспечивают свободную от пульсаций и шума работу компрессора;

7. возможность регулирования производительности.

Принцип деления нагрузки стали применять для чиллеров, используя несколько спиральных компрессоров, соединенных параллельно и работающих на один или два холодильных контура. При этом с увеличением количества компрессоров недостатки двухпозиционного регулирования производительности спирального компрессора – «включено – «выключено» сглаживаются за счет нескольких ступеней регулирования. Компрессоры автоматически постепенно включаются в работу в зависимости от требуемой нагрузки, при запуске чиллера пусковые токи минимальные. Одновременно в чиллере работает то число компрессоров, которое фактически необходимо для обеспечения требуемой производительности. При этом всегда имеется резерв на случай выхода из строя одного из компрессоров, затраты на замену одного маленького спирального компрессора всегда будут меньше, чем затраты на замену одного большого винтового или поршневого компрессора. Цикличность работы компрессоров сокращает время работы каждого отдельного компрессора и, что особенно важно – количество пусков и остановок, от которого зависит срок службы компрессора.

Винтовые компрессоры, применяемые в чиллерах, могут быть одновинтовыми или двухвинтовыми. Одновинтовой компрессор состоит из одиночного цилиндрического главного винта (ротора), который работает в паре с двумя звездообразными шестернями (рис. 4.).

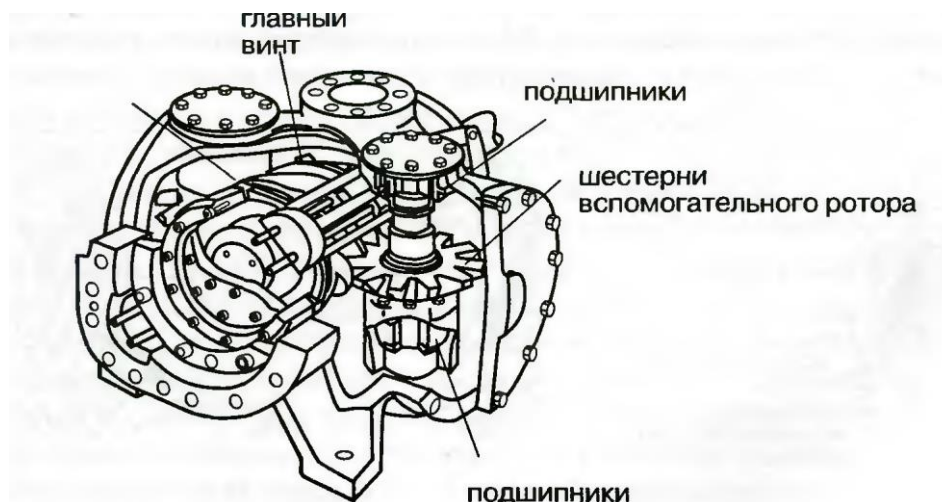


Рис. 4. Одновинтовой компрессор

Главный винт выполнен из легированной стали, а шестерни из композитного материала. Главный винт имеет несколько геликоидных впадин с глобоидным (форма песочных часов) профилем и цилиндрической периферией. С противоположных сторон главного винта расположены две одинаковые шестерни, закрепленные на массивных цилиндрических основаниях-валах с подшипниками. Количество и форма зубьев соответствует количеству и форме впадин главного винта. Функция шестерней эквивалентна действию поршня, так как они уменьшают объем полостей и способствуют сжатию. Кроме того, шестерни находятся в прямом контакте с боковыми поверхностями впадин и также действуют как затвор. Корпус, окружающий главный винт, имеет два цилиндрических объема, в которые входят и свободно вращаются звездообразные шестерни. На корпусе размещены два диаметрально противоположных нагнетательных порта, имеющие общий нагнетательный коллектор.

Винтовые компрессоры могут быть сухого сжатия, маслозаполненные и мокрого сжатия.

Способы регулирования производительности винтового компрессора: изменение скорости вращения электродвигателя и перепускание сжатого хладагента во всасывающую линию через байпас. Винтовой компрессор имеет в своей конструкции устройства для регулирования производительности: вспомогательную байпасную линию между главным всасывающим и нагнетательным патрубком, золотниковые клапаны регулирования производительности и клапан регулирования геометрической степени сжатия. В каждой области сжатия по обе стороны главного винта помещены золотниковые клапаны, которые свободно перемещаются вдоль оси компрессора, сокращая эффективную рабочую длину винта. При работе компрессора с неполной производительностью между неподвижным корпусом и кромкой золотника образуется щель, через которую часть рабочего вещества выталкивается в камеру всасывания. При этом замедляется начало сжатия, уменьшается заполненный объем полостей и производительность компрессора, снижается также геометрическая степень сжатия.

Преимущества винтового компрессора:

1. более высокий по сравнению с поршневым компрессором коэффициент подачи и индикаторный КПД, в том числе за счет отсутствия мертвого и вредного пространства;
2. реализация холодильных циклов с двухступенчатым дросселированием;
3. высокая эффективность и надежность работы, сохранение этих качеств стабильными во времени, отсутствие изнашиваемости основных деталей;
4. более низкие температуры в конце сжатия, которые в поршневом компрессоре могут быть получены только при двухступенчатом сжатии;
5. наличие в конструкции регулятора производительности, плавное изменение характеристик при регулировании частоты вращения двигателя или степени сжатия;

6.благодаря большой частоте вращения эти компрессоры имеют сравнительно небольшие размеры и вес, малое число деталей, отсутствие клапанов, часто выходящих из строя;

7.высокая степень повышения давления, независящая от частоты вращения винта, отсутствие зон неустойчивой работы(помпажа).

Испарители чиллера

Испаритель чиллера – теплообменник, в котором происходит фазовый переход хладагента из жидкого в парообразное состояние при низком давлении за счет подвода теплоты от охлаждаемой жидкости. В чиллерах применяются несколько типов испарителей:

- паяные или сварные пластинчатые из нержавеющей стали для холодопроизводительности до 150 кВт;
- емкостные для чиллеров варианта исполнения А со встроенным гидромодулем и аккумулирующим баком;
- кожухотрубные прямого расширения для холодопроизводительности выше 150 кВт.

В пластинчатых теплообменниках охлаждаемая жидкость циркулирует с одной стороны вертикальных профилированных пластин из нержавеющей стали, хладагент превращается из жидкости в пар – по другую сторону пластин. При соответствующем наборе пластин можно получить различные схемы движения теплообменивающихся сред. Это самый компактный тип теплообменника. Для защиты от замерзания в теплообменник встраивается электронагреватель. Чтобы не допустить бесполезных потерь холода, а также конденсации водяных паров, пластинчатые теплообменники изолируются снаружи с помощью штампованных листов из полиуретана.

Емкостный испаритель представляет собой емкость (бак) со встроенным змеевиком из медных труб. В змеевик поступает жидкий хладагент, выходит хладагент в виде пара низкого давления. Жидкость поступает в закрытую емкость через входной и выходной патрубок. Емкостный испаритель

выполняет одновременно функцию бака-аккумулятора, так как накапливает холодную воду при снижении нагрузки по холоду у потребителя. Применяется в чиллерах небольшой производительности со встроенным гидромодулем с целью уменьшения габаритов блока.

Кожухотрубный испаритель прямого расширения представляет собой горизонтальный стальной кожух с размещенными внутри него пакетами медных труб, закрепленными в кожухе с помощью стальных трубных решеток. Внутри трубок движется кипящий хладагент, в межтрубном пространстве охлаждаемая жидкость. Для равномерного распределения смеси жидкого и парообразного хладагента по трубкам используется распределитель жидкости, обеспечивающий перемешивание двух фаз. Количество медных трубок и их длина выбраны из условия полного испарения и небольшого перегрева хладагента перед тем, как он покинет трубку и поступит во всасывающий трубопровод. На кожух испарителей нанесен слой изоляции из неопрена с закрытыми порами, предотвращающий образование конденсата на поверхности и уменьшающий теплообмен с окружающей средой.

В испарителях при охлаждении жидкости до температуры близкой к температуре замерзания воды или раствора предусмотрена защита от замерзания, так же как и при работе чиллера при отрицательных температурах окружающего воздуха. При круглогодичной работе чиллера в режиме охлаждения следует предусматривать нагреватель в конструкции испарителя, применять незамерзающие растворы, концентрация которых и соответственно температура замерзания должна выбираться ниже самой низкой температуры окружающего воздуха, предусматривать постоянную циркуляцию жидкости с помощью циркуляционного насоса.

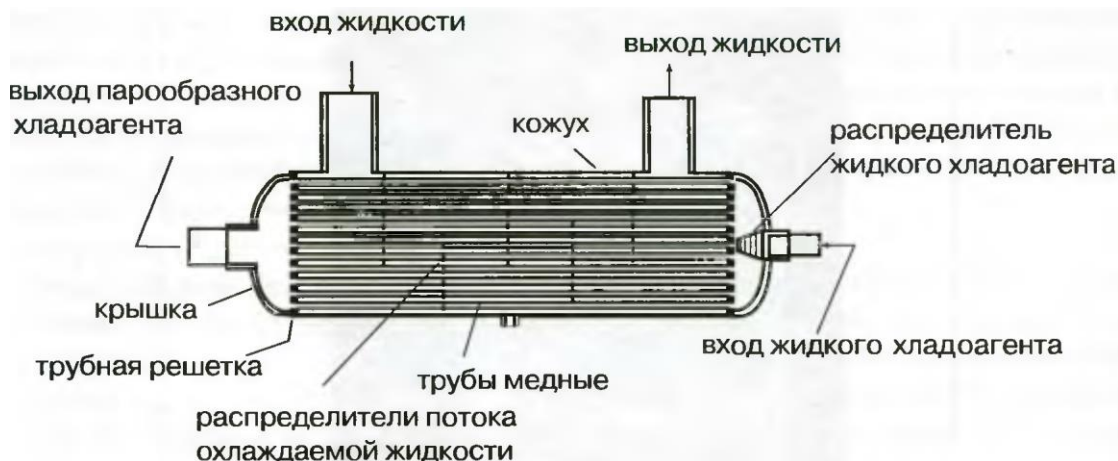


Рис. 5. Кожухотрубный испаритель

Конденсаторы холодильных машин

Конденсатор чиллера- теплообменник, в котором происходит фазовый переход хладагента из парообразного в жидкое состояние при высоком давлении за счет передачи теплоты охлаждающей среде. Конденсаторы могут быть с воздушным или водяным охлаждением.

В конденсаторах с воздушным охлаждением теплота конденсации передается нагреваемому воздуху. В качестве теплообменников используются поверхностные воздухоохладители, которые состоят из медных трубных змеевиков, на которые нанесены гофрированные пластины из алюминия в качестве оребрения со стороны воздуха. Медные трубки расположены в шахматном порядке. В трубках при охлаждении движущимся воздухом происходит конденсация хладагента. С целью уменьшения габаритов аппарата, наружная поверхность оребренных трубок омывается потоком воздуха с высокой скоростью, которая обеспечивается работой вентилятора. Используются осевые вентиляторы с литым алюминиевым рабочим колесом в виде крыльчатки, приводимые в действие трехфазным электродвигателем с внешним ротором, степенью защиты IP65. В блоках для установки внутри здания используются центробежные вентиляторы с двухсторонним всасыванием воздуха.

В качестве конденсаторов с водяным охлаждением используются:

- неразборные пластинчатые теплообменники жидкость-жидкость из нержавеющей стали;
- кожухотрубные теплообменники прямого расширения.

Устройство кожухотрубных конденсаторов аналогично устройству кожухотрубных испарителей прямого расширения. Отличие состоит в том, что внутри медных трубок движется вода, а хладагент конденсируется на наружной стороне труб в межтрубном пространстве кожуха. Пар хладагента поступает в кожух сверху, сконденсировавшийся хладагент удаляется снизу. Движение воды следует обеспечить снизу вверх для обеспечения противоточного движения теплообменивающихся сред. Кожух и трубные решетки выполняют из стали, трубы применяют медные для обычного исполнения.

Устройства для регулирования параметров работы и обеспечения безопасной работы чиллера

Чиллер, как холодильная машина, оборудуется приборами и средствами автоматизации, благодаря которым сокращаются эксплуатационные расходы, точно поддерживается температурный режим, обеспечивается безопасность и безаварийность работы. Различают приборы автоматического регулирования и контроля и приборы защиты(безопасности). К приборам автоматического регулирования относятся терморегулирующие вентили (электронные регулирующие вентили) и электромагнитные(соленоидные) клапаны, к приборам безопасности – реле высокого и низкого давления.

Термостатический расширительный вентиль - регулятор прямого действия, положение регулирующего органа (иглы) которого определяется температурой в испарителе и задача которого заключается в регулировании перегрева паров хладагента на выходе из испарителя путем изменения количества хладагента, подаваемого в испаритель. Принцип работы(рис.6): через входное отверстие 1 жидкий хладагент поступает к седлу7 клапана, проход через который закрывает игла 6. Происходит дросселирование хладагента, сопровождающееся понижением температуры и давления. После

дросселирования хладагент поступает в испаритель. Игла связана стержнем с мембранной и может перемещаться вниз при изменении положения мембраны. На мембрану снизу действует давление всасывания в компрессор для клапанов с внешним уравниванием P_2 , а сверху – давление, соответствующее температуре перегретых паров хладагента P_1 . Результирующее давление, действующее на мембрану и передаваемое на иглу сверху, соответствует перегреву паров хладагента, и стремится открыть ТРВ. С другой стороны игла прикреплена к пружине 8, усилие которой изменяется с помощью винта 9. Пружина прижимает иглу к седлу, создавая давление P_3 . Давление паров хладагента в испарителе (только для клапанов с внутренним уравниванием) и сила пружины 8 действует на иглу снизу и стремится закрыть ТРВ. В клапанах с внутренним уравниванием отсутствует патрубок для присоединения к трубопроводу всасывания 11, а область под мембраной связана с выходным патрубком клапана и давление паров хладагента в испарителе P_2 действует на мембрану снизу.

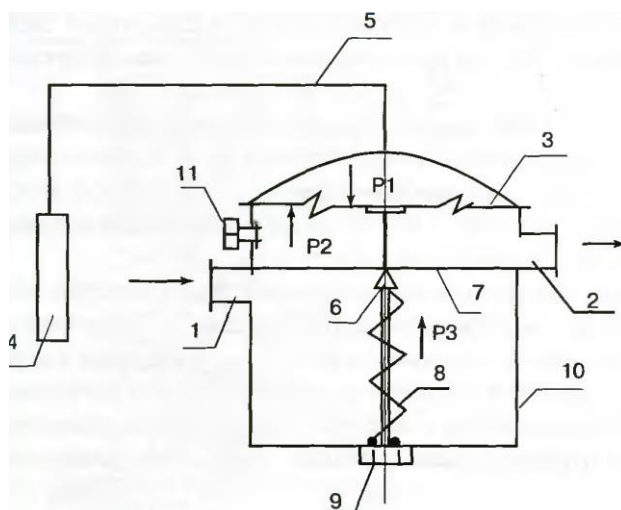


Рис.6. Принципиальная схема мембранного термостатического расширительного вентиля с внешним уравниванием: 1-входное отверстие, 2- выходное отверстие, 3-мембрана, 4-термобаллон датчика температуры перегрева, 5-капиллярная трубка, 6-сила, 7-седло клапана, 8-пружина, 9-винт для регулирования величины перегрева P_3 , 10-корпус, 11- патрубок для присоединения к трубе всасывания

Разность давлений, которая определяет перегрев может изменяться до желаемых значений за счет изменения поджатия пружины 8 с помощью регулировочного винта 9. ТРВ открывается, когда перегрев выше заданного, и закрывается, когда перегрев уменьшается. Регулирование обеспечивается за счет поддержания равновесия между давлением в термобаллоне и суммой давления испарения (всасывания) и пружины. ТРВ с внешним уравниванием используют при значительных потерях давления в испарителе или дополнительных потерях давления в распределителе В ТРВ с внешним уравниванием полость под мембраной связана не с давлением в корпусе ТРВ, а с давлением на выходе из испарителя с помощью уравнительного трубопровода. Уравнительная линия выходит из патрубка 11, предусмотренного в корпусе ТРВ, а ее другой конец врезается в трубопровод всасывания сразу после установки термобаллона.

При выборе ТРВ он должен соответствовать производительности испарителя, с этой целью следует предусматривать минимальный перегрев во всем диапазоне возможной производительности. Подбор ТРВ исходя из температуры испарения и полных потерь давления в ТРВ. Потери равны разности между давлением конденсации и испарения за вычетом:

- потерь давления в жидкостном трубопроводе;
- потерь давления в фильтре-осушителе, смотровом стекле, вентилях и электромагнитных клапанах;
- если испаритель расположен выше уровня жидкостного ресивера, то из этой разности вычитается гидростатическое давление высоты столба соответствующей жидкости.

Уравнительная линия выходит из специального отверстия, предусмотренного в корпусе ТРВ, а ее другой конец врезается в трубопровод всасывания сразу после установки термобаллона. Термобаллоны следует устанавливать на горизонтальных участках, обеспечивая хороший контакт с трубопроводом.

Когда автоматическое регулирование заполнения испарителя жидким хладагентом осуществляется терморегулирующим вентилем, последовательно

по ходу хладагента устанавливается электромагнитный клапан, автоматически открывающийся при пуске и закрывающийся при остановке компрессора. Соленоидный или электромагнитный клапан или вентиль представляет собой автоматически действующий запорный вентиль, устанавливаемый на трубопроводах холодильного контура. Действие вентилей основано на том, что при пуске тока в соленоидную катушку сердечник втягивается в электромагнитное поле, увлекая за собой стержень, и открывается клапан. При отключении тока клапан под действием собственного веса закрывается. Соленоидные вентили могут быть нормально закрытыми NC или нормально открытыми NO с обесточенной катушкой. В чиллерах с винтовыми компрессорами электромагнитные клапаны устанавливаются на корпусе компрессора и приводят в действие золотниковые клапаны.

Четырехходовой соленоидный клапан обращения цикла состоит из четырехходового главного клапана II и малого трехходового управляющего клапана I, смонтированного на корпусе главного (рис.7). Один из штуцеров главного клапана 1а находится с одной стороны клапана, к нему присоединяется нагнетательная магистраль компрессора, три других - с другой стороны, причем средний 1в всегда присоединяется к всасывающей магистрали компрессора. Внутри клапана сообщение между различными каналами обеспечивает золотник 2, скользящий между двумя поршнями 4. В каждом поршне просверлено отверстие и они снабжены иглой 4. В корпус главного клапана врезаны три капилляра 5, которые соединены с управляющим клапаном. Перемещение золотника происходит под действием разности давлений нагнетания и всасывания под действием управляющего клапана.

Управляющий трехходовой сервоклапан I предназначен для стравливания давления из одной или из другой полости подачи поршней главного клапана.

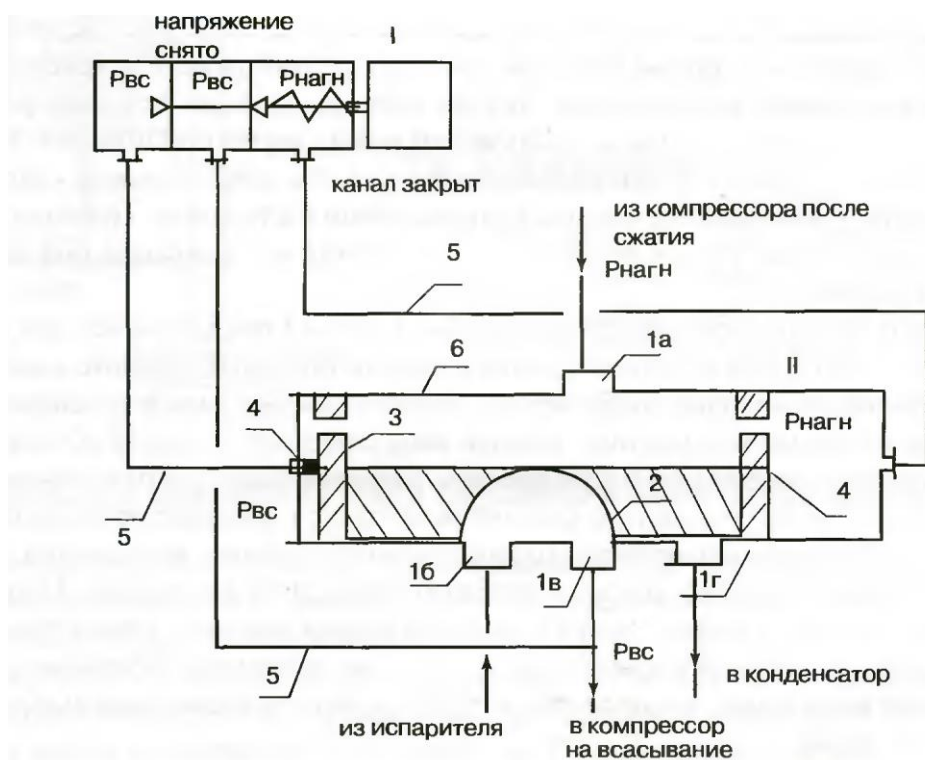


Рис. 7. Принцип работы четырехходового соленоидного клапана обращения цикла (положение в режиме холодильной машины):

I- управляющий трехходовой электромагнитный клапан, II- главный клапан; 1а, 1б, 1в, 1г - штуцера главного клапана, 2- золотник, 3- поршень с отверстием, 4- игла, 5-капилляры, 6-корпус главного клапана

Левый вход управляющего клапана сообщается с левой полостью главного клапана, средний вход - с магистралью всасывания, правый вход соединен с правой областью главного клапана, но канал закрыт при отсутствии напряжения. Если напряжение на клапан не подано, то в левой области главного клапана установится давление всасывания, справа от золотника - давление нагнетания, которое больше давления всасывания, и поэтому золотник переместится влево. Достигнув левого упора, игла 3 в поршне 4 перекрывает отверстие в капилляре и в левой части главного клапана давление станет равным давлению нагнетания за счет перетекания через отверстие в поршне. Золотник при этом займет устойчивое положение, которое соответствует работе чиллера в режиме холодильной машины.

Для обеспечения безопасной работы чиллера применяют приборы защиты,

такие как реле давления. Реле низкого давления называют прессостатами, реле высокого давления – маноконтроллерами. Реле давления предназначены для защиты компрессоров от чрезмерно низкого давления всасывания, а также повышенного давления нагнетания, используются для пуска и остановки компрессоров и вентиляторов воздушного охлаждения конденсаторов.

Предохранительные клапаны предназначены для предотвращения непредусмотренного повышения давления в компрессорах, трубопроводах. Клапан устанавливается на участке выхода сжатого пара из компрессора. Он автоматически открывается, как только давление в защищаемой полости достигнет давления настройки, и сбрасывает хладагент во всасывающую магистраль, в таком количестве, чтобы давление в полости вновь упало до величины давления настройки.

Обратные клапаны устанавливаются в жидкостных и всасывающих трубопроводах, чтобы обеспечить движение потока в одном направлении и не допустить движение в обратном направлении, например между компрессором и реле низкого давления для предотвращения перетекания хладагента из магистрали нагнетания в магистраль всасывания во время остановки компрессора, между нагнетательной магистралью компрессора и конденсатором, чтобы не допустить перетекания хладагента из конденсатора во всасывающую полость компрессора и облегчить его запуск.

Оптимальным условием функционирования холодильной машины является чистота и отсутствие влаги в установке. В холодильном контуре могут находиться различные твердые частицы, оставшиеся после заводских операций по очистке или образовавшиеся при трении трущихся частей, попавшие при сварке во время монтажа установки, при складском хранении, образовавшиеся при распаде масла или в процессе химических реакций внутри холодильного контура при высоких температурах.

Для создания и содержания холодильного контура в чистоте используются фильтры-осушители и смотровые стекла с индикаторами влаги, которые при

правильной установке будут адсорбировать и удерживать грязь и влагу и облегчат наблюдение за внутренним состоянием холодильного контура.

Фильтр – осушитель устанавливается перед теми узлами, которые должны быть защищены, в частности - в жидкостной линии для защиты ТРВ. Может быть установлен во всасывающей магистрали для защиты компрессора. После фильтра- осушителя устанавливаются смотровые стекла с индикатором влажности, где по цвету и состоянию индикатора можно определить следующее: зеленый цвет – нет опасных загрязнений в хладагенте; желтый цвет – в хладагенте содержится влага; пузыри – на фильтре-осушителе большой перепад давления, отсутствует переохлаждение, недостаточное количество хладагента в системе.

Перед фильтром-осушителем устанавливаются смотровые стекла, по состоянию которых можно определить следующее:

- зеленый цвет-отсутствует опасное количество влаги в хладагенте,
- желтый цвет – содержание влаги значительное;
- пузыри – нет переохлаждения, недостаточное количество хладагента в системе.

Таким образом, смотровые стекла должны устанавливаться по обе стороны фильтра- осушителя для индикации полного количества влаги и состояния хладагента перед ТРВ. Точка перехода от зеленого цвета к желтому на индикаторном смотровом стекле определяет степень поглощения влаги хладагентом, индикатор становится желтым перед тем, как возрастает риск замерзания воды в ТРВ.

Жидкостные ресиверы или аккумуляторы устанавливаются после конденсатора и предназначены для сбора и аккумуляции жидкого хладагента для обеспечения равномерной работы чиллера. В ресивере может содержаться половина проходящего за час хладагента. Он представляет собой стальной сосуд, снабженный рядом штуцеров для присоединения к системе.

Маслоотделители устанавливаются в чиллерах с винтовыми компрессорами и предназначены для отделения масла, увлеченного парами

хладагента из компрессора. При использовании маслоотделителя смазочное масло компрессора возвращается непосредственно в его масляный поддон и не циркулирует с хладагентом по системе. Установка маслоотделителя предотвращает выход компрессора из строя из-за недостатка масла и увеличивает срок службы компрессора. Отделение масла основано на резком изменении направления движения масла.

Подбор чиллера

После определения типа устанавливаемого чиллера подбирается его типоразмер по величине холодопроизводительности. В каталоге для соответствующего типа чиллера приводятся общие технические характеристики для стандартного режима работы при температуре охлаждаемой воды на выходе и входе в испаритель $7/12^{\circ}\text{C}$, температуре воздуха на входе в конденсатор 35°C . Для условий, отличающихся от стандартных (другое значение температуры воды на входе и выходе из испарителя и температуры воздуха на входе в конденсатор) в каталоге имеются таблицы с данными по холодопроизводительности и потребляемой мощности компрессорами для различных вариантов исполнения, а для тепловых насосов также с данными по теплопроизводительности и потребляемой мощности в зависимости от температуры и относительной влажности воздуха на входе в испаритель и начальной и конечной температуры воды в конденсаторе.

Подбор типоразмера чиллера следует проводить по таблицам каталога для условий, отличающихся от стандартных. Для особых условий эксплуатации следует вводить поправочные коэффициенты на холодопроизводительность, а также мощность, потребляемую компрессором:

- при загрязнении испарителя;
- при использовании водных растворов этиленгликоля.

Одним из методов предотвращения замерзания раствора в испарителе является использование незамерзающих жидкостей в виде водного раствора этиленгликоля или пропиленгликоля. При использовании водных растворов этиленгликоля вводятся поправочные коэффициенты на

холодопроизводительность и мощность, потребляемую компрессором, расход охлаждающей жидкости и потери давления в испарителе. Возможно два случая применения незамерзающих растворов:

- при сезонной остановке чиллера, расположенного вне здания (при отрицательных температурах наружного воздуха), когда система заполнена жидкостью;
- при использовании охлаждающей жидкости с температурой ниже $+4^{\circ}\text{C}$ для чиллеров варианта исполнения В.

Поправочные коэффициенты определяют в зависимости от концентрации раствора при предельной температуре замерзания, которая принимается ниже на $5\div 6^{\circ}\text{C}$ расчетной температуры наружного воздуха в данном географическом пункте. Находят значения поправочных коэффициентов:

F_f – на холодопроизводительность;

F_e – на мощность, потребляемую компрессором;

F_p – на расход раствора;

F_{dp} – на потери давления в испарителе.

Эквивалентную производительность определяют делением требуемой холодопроизводительности на поправочный коэффициент F_f . По значению эквивалентной холодопроизводительности подбирается типоразмер чиллера, определяется фактическая эквивалентная производительность и другие характеристики. На все табличные значения вводятся соответствующие поправочные коэффициенты.

Максимальная рекомендуемая концентрация этиленгликоля 40%, ей соответствует температура наружного воздуха, при которой возможна безопасная эксплуатация -19°C . При более низкой температуре наружного воздуха следует сливать жидкость из испарителя и других частей гидравлического контура при размещении оборудования снаружи здания.

После выбора типоразмера чиллера определяются характеристики, необходимые для дальнейшего проектирования системы кондиционирования воздуха: гидравлические, акустические и электрические.

Расход охлаждаемой воды, проходящей через испаритель чиллера, кг/с:

$$G_u = \frac{Q_x}{c_x (t_{жк} - t_{жн})},$$

где Q_x – холодопроизводительность чиллера, кВт;

c_x – удельная теплоемкость воды, кДж/кг К;

$t_{жн}, t_{жк}$ – температура жидкости начальная и конечная, °С.

Для чиллеров с водяным охлаждением следует определить расход воды в конденсаторе, кг/с:

$$G_k = \frac{Q_k}{c_x (t_{жк} - t_{жн})},$$

где Q_k – количество теплоты, отводимое в конденсаторе, определяемое из теплового баланса холодильной машины или теплопроизводительность чиллера, работающего в режиме теплового насоса, кВт;

$c_{ж}$ – удельная теплоемкость жидкости, используемой для охлаждения конденсатора или в качестве теплоносителя, кДж/кг К;

$t_{жн}, t_{жк}$ – температура жидкости начальная и конечная, °С.

Потери давления в испарителе определяются по графику для соответствующего типоразмера чиллера в зависимости от расхода чистой воды. При заполнении контура незамерзающими растворами можно определить расход чистой воды и ввести поправочные коэффициенты на расход и потери давления в испарителе, определенные по графику. Аналогично определяются потери давления в конденсаторе.

В чиллерах со встроенным гидромодулем следует подобрать тип насоса по характеристикам, приводимым в каталоге, проверить расширительный и аккумулирующий баки, настройку предохранительного клапана.

Для расчета уровня звукового давления шума в помещении машинного зала, соседних помещениях, снаружи здания, следует определить по

соответствующим таблицам каталога уровень звуковой мощности по октавным полосам шума, излучаемого чиллером, и уровень звукового давления на определенном расстоянии от чиллера.

Выбор электрических подключений проводится на основании электрических характеристик:

- F.L.A ток при полной нагрузке, А;
- L.R.A ток при заторможенном роторе, А;
- F.L.I мощность, потребляемая при полной нагрузке, кВт;
- M.I.C максимальный пусковой ток, А

отдельно для компрессоров, вентиляторов и всего блока.

Общая потребляемая мощность чиллером при условиях работы отличных от табличных определяется сложением мощности, потребляемой компрессором для данных условий работы, вентилятором при полной нагрузке, насосом для чиллеров со встроенным гидромодулем.