

Главная функция кондиционера - охлаждение воздуха

Основные функции кондиционера - это **охлаждение и обогрев** воздуха, уже находящегося внутри помещения. Это означает, что кондиционер **в общем случае не производит притока свежего воздуха с улицы или вытяжки воздуха из помещения**. Для задач вытяжки и притока служит вентиляционное оборудование.

Охлаждение воздуха в кондиционерах происходит при помощи компрессионного цикла охлаждения.

Температура кипения

Температура кипения жидкости зависит от давления окружающей среды. Чем ниже это давление, тем ниже температура кипения.

Например, общеизвестно, что вода закипает при температуре 100С. Но это происходит лишь при нормальном атмосферном давлении (760 мм рт. ст.). При повышении давления температура кипения возрастет, а при его понижении (например, высоко в горах) вода закипит при температуре гораздо ниже 100С. В среднем, при изменении давления на 27 мм .рт. ст. температура кипения изменится на 1С.

Различные жидкости кипят при разных температурах даже при одинаковом внешнем давлении.

- Например, жидкий азот кипит при температуре около -77;С, а фреон R-22, который применяется в холодильной технике - при температуре -40.8С (при нормальном атмосферном давлении).

Теплота парообразования

При испарении жидкости теплота поглощается из окружающей среды. При конденсации пара тепло, напротив, выделяется. Теплота парообразования жидкостей очень велика.

- Например, энергия, нужная для испарения 1 г воды при температуре 100С (539 калорий/г), значительно больше энергии, необходимой для нагревания этой воды от 0;С до 100С (100 калорий/г)!

Если жидкий фреон поместить в открытый сосуд (с атмосферным давлением и комнатной температурой), то он сразу же **вскипит, поглощая при этом большое количество теплоты** из окружающей среды.

Это явление и используется в холодильной машине. Только в ней фреон превращается в пар в специальном отделении - испарителе. Трубки испарителя обдуваются потоком воздуха. Кипящий фреон поглощает тепло из этого воздушного потока, охлаждая его.

Но в холодильной машине невозможно только испарять фреон, поглощая тепло. Ведь тогда в ней образуется большое количество паров и потребуются подводить все новый и новый жидкий фреон постоянно. Поэтому в холодильной машине производится и обратный процесс конденсации - превращения из пара в жидкость.

При конденсации любой жидкости выделяется теплота, которая поступает затем в окружающую среду. Температура конденсации, как и температура кипения, зависит от внешнего давления. При повышенном давлении конденсация может происходить при весьма высоких температурах.

- К примеру, фреон R-22 начинает конденсироваться при +55С, если находится под давлением 23 атмосферы (около 17,5 тыс. мм рт. ст.).

Холодильная машина

В холодильной машине фреон конденсируется в специальном отделении - конденсаторе. Тепло, выделившееся при конденсации, удаляется потоком охлаждающей жидкости или воздуха.

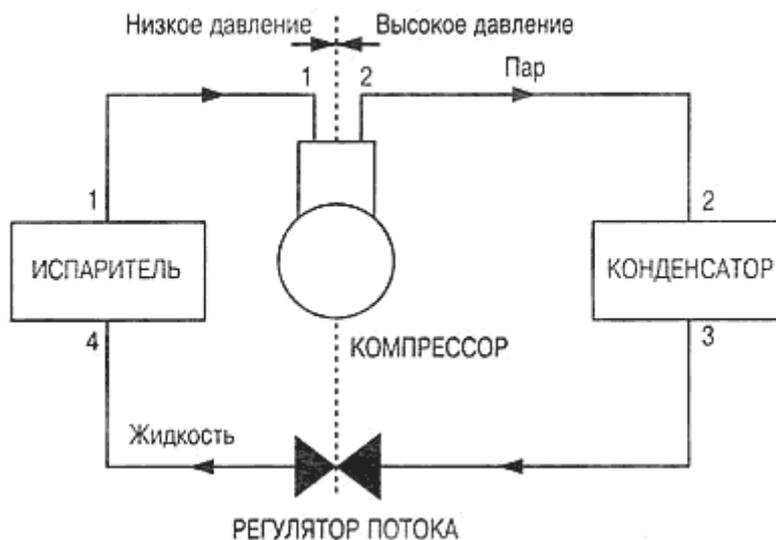
Поскольку холодильная машина должна работать непрерывно, то в испаритель должен постоянно поступать жидкий фреон, а в конденсатор - его пары. Этот процесс - циклический, ограниченное количество фреона циркулирует по холодильной машине, испаряясь и конденсируясь.

Схема холодильной машины

Компрессионный цикл охлаждения состоит из четырех основных элементов:

- **компрессора**
- **испарителя**
- **конденсатора**
- **регулятора потока.**

Эти основные элементы соединены трубопроводами в замкнутую систему, по которой циркулирует хладагент (обычно это фреон). Циркуляцию хладагента по контуру производит компрессор холодильной машины.



Испарители для охлаждения воздуха

Воздушные испарители - это теплообменники с одним или несколькими (4-6) рядами трубок. Внутри трубок протекает хладагент, а между ребрами испарителя (вне трубок) - охлаждаемый воздух.

Чаще всего испаритель для охлаждения воздуха состоит из оребренных медных трубок диаметром 8 - 13 мм (5/16", 3/8" и 1/2") с расстоянием между ребрами 1.4 - 1.8 мм. Медь используется потому, что ее легко обрабатывать, она не окисляется и имеет высокую теплопроводность. Оребрение обычно выполняется из алюминия.

Если мощность холодильной машины достаточно велика, то воздушные испарители делаются с двумя или несколькими контурами охлаждения. Каждый контур имеет независимый подвод хладагента с помощью распределителя, соединенного с ним тонкими трубками. Все контуры заполняются равными количествами хладагента.

Поток воздуха равномерно распределяется по теплообменнику, исключая обледенение отдельных участков испарителя.

Чтобы достичь наилучшего качества и стабильности работы испарителя холодильной машины, мощность должна составлять 3-7 кВт на каждый контур теплообмена (при использовании наиболее распространенного хладагента R-22).

От объема охлаждаемого воздуха зависит размер испарителя. Объем воздуха составляет около 195 куб.м./час на каждый кВт холодопроизводительности установки. Общая холодопроизводительность испарителя определяется температурой испарения хладагента (постоянной, заданной при проектировании холодильной машины), и температурой поступающего воздуха (зависит от условий работы).

Скорость потока воздуха, поступающего в испаритель, обычно 2-3 м/с. Если скорость будет выше, то капли конденсата могут проскакивать на выходе теплообменника.

В испарителе, как и в других элементах холодильной машины, возникают потери давления. Они зависят от диаметра трубок испарителя, конфигурации ребер, скорости воздушного потока и количества конденсата на оребрении.

Компрессор

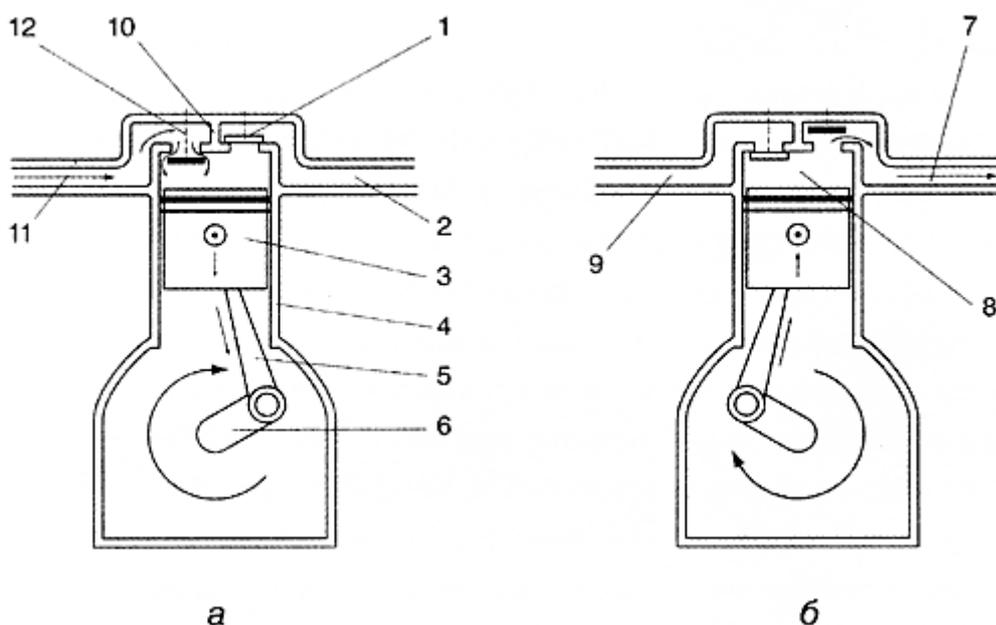
Один из главных элементов любой холодильной машины - это **компрессор**.

Компрессор всасывает пар хладагента, имеющий низкие температуру и давление, затем сжимает его, повышая температуру (до 70 - 90°C) и давление (до 15 - 25 атм.), а затем направляет парообразный хладагент к конденсатору.

Основные характеристики компрессора - **степень компрессии** (сжатия) и **объем хладагента**, который он может нагнетать. Степень сжатия - это отношение максимального выходного давления паров хладагента к максимальному входному. В холодильных машинах используют компрессоры двух типов:

- Поршневые - с возвратно-поступательным движением поршней в цилиндрах
- Ротационные, винтовые и спиральные - с вращательным движением рабочих частей.

Поршневые компрессоры



Принцип их работы показан на схеме.

- При движении поршня (3) вверх по цилиндру компрессора (4) хладагент сжимается. Поршень перемещается электродвигателем через коленчатый вал (6) и шатун (5).
- Под действием давления пара открываются и закрываются всасывающие и выпускные клапаны компрессора холодильной машины.
- На схеме 1 показана фаза всасывания хладагента в компрессор. Поршень начинает опускаться вниз от верхней точки, при этом в камере компрессора создается разрежение и открывается впускной клапан (12). Парообразный хладагент низкой температуры и низкого давления попадает в рабочее пространство компрессора.
- На схеме 2 показана фаза сжатия пара и его выхода из компрессора. Поршень поднимается вверх и сжимает пар. При этом открывается выпускной клапан компрессора (1) и пар под высоким давлением выходит из компрессора.

Ротационные компрессоры вращения

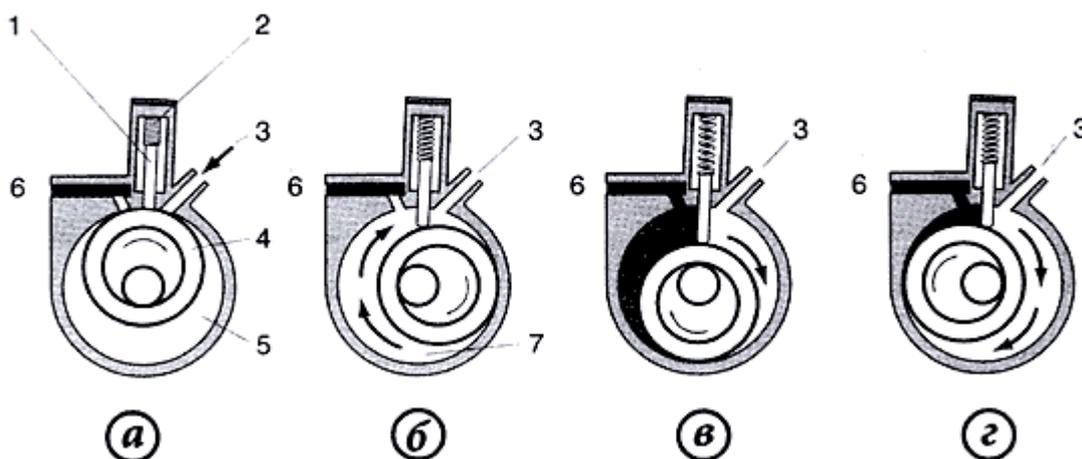
Принцип работы ротационных компрессоров вращения основан на всасывании и сжатии газа при вращении пластин.

Их преимущество перед поршневыми компрессорами состоит в низких пульсациях давления и уменьшении тока при запуске.

Существует две модификации ротационных компрессоров:

- Со стационарными пластинами
- С вращающимися пластинами

Компрессор со стационарными пластинами

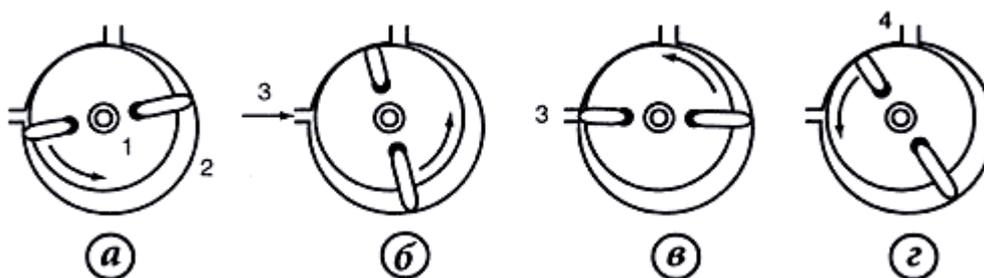


В компрессоре со стационарными пластинами хладагент сжимается при помощи эксцентрика, установленного на ротор двигателя. При вращении ротора эксцентрик катится по внутренней поверхности цилиндра компрессора, и находящийся перед ним пар хладагента сжимается, а затем выталкивается через выпускной клапан компрессора. Пластины разделяют области высокого и низкого давления паров хладагента внутри цилиндра компрессора.

- а) Пар заполняет имеющееся пространство
- б) Начинается сжатие пара внутри компрессора и всасывание новой порции хладагента
- в) Сжатие и всасывание продолжается

г) Сжатие завершено, пар окончательно заполнил пространство внутри цилиндра компрессора.

Компрессор с вращающимися пластинами



В компрессоре с вращающимися пластинами хладагент сжимается при помощи пластин, закрепленных на вращающемся роторе. Ось ротора смещена относительно оси цилиндра компрессора. Края пластин плотно прилегают к поверхности цилиндра, разделяя области высокого и низкого давления. На схеме показан цикл всасывания и сжатия пара.

- а) Пар заполняет имеющееся пространство
- б) Начинается сжатие пара внутри компрессора и всасывание новой порции хладагента
- в) Сжатие и всасывание завершается.
- г) Начинается новый цикл всасывания и сжатия.

Спиральные компрессоры SCROLL

Спиральные компрессоры применяются в холодильных машинах малой и средней мощности.

Такой компрессор состоит из двух стальных спиралей. Они вставлены одна в другую и расширяются от центра к краю цилиндра компрессора. Внутренняя спираль неподвижно закреплена, а внешняя вращается вокруг нее.

Спирали имеют особый профиль (эвольвента), позволяющий перекачиваться без проскальзывания. Подвижная спираль компрессора установлена на эксцентрике и перекачивается по внутренней поверхности другой спирали. При этом точка касания спиралей постепенно перемещается от края к центру. Пары хладагента, находящиеся перед линией касания, сжимаются, и выталкиваются в центральное отверстие в крышке компрессора. Точки касания расположены на каждой витке внутренней спирали, поэтому пары сжимаются более плавно, меньшими порциями, чем в других типах компрессоров. В результате нагрузка на электродвигатель компрессора снижается, особенно в момент пуска компрессора.

Пары хладагента поступают через входное отверстие в цилиндрической части корпуса, охлаждают двигатель, затем сжимаются между спиралей и выходят через выпускное отверстие в верхней части корпуса компрессора.

Недостатки спиральных компрессоров:

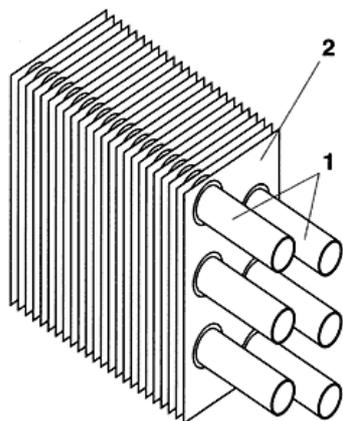
- Сложность изготовления.
- Необходимо очень точное прилегание спиралей и герметичность по их торцам

Конденсатор

Один из основных компонентов холодильной машины - это **конденсатор**, служащий для переноса тепловой энергии от хладагента в окружающую среду. Чаще всего тепло передается воде или воздуху.

Тепло, которое выделяется в конденсаторе, примерно на 30% превышает холодопроизводительность холодильной машины. Например, если холодопроизводительность машины равна 20 кВт, то конденсатор выделяет 25-27 кВт тепла.

Конденсаторы с воздушным охлаждением



1. медные трубки конденсатора 2. оребрение

Конденсаторы с воздушным охлаждением наиболее распространены.

Конденсатор с воздушным охлаждением состоит из вентиляторного блока с электродвигателем и теплообменника. По трубкам протекает хладагент, а вентилятор обдувает трубки потоком воздуха. Обычно скорость потока составляет 1 - 3.5 м/с.

Чаще всего теплообменник состоит из оребренных медных трубок диаметром 6 - 20 мм с расстоянием между ребрами 1-3 мм. Медь используется потому, что ее легко обрабатывать, она не окисляется и имеет высокую теплопроводность. Оребрение обычно выполняется из алюминия.

Выбор диаметра трубок зависит от многих факторов: потерь давления, легкости обработки материала и т.д.

Тип оребрения может быть различным и значительно влияет на тепловые и гидравлические параметры теплообменника в целом. Например, сложный профиль оребрения с многочисленными выступами и просечками создает турбулентность (завихрения) воздуха, омывающего теплообменник. В результате эффективность теплопередачи от хладагента к воздуху увеличивается, и повышается холодопроизводительность холодильной машины.

Дополнительно теплоотдачу хладагента повышают путем рифления внутренней поверхности трубок теплообменника. Это создает турбулентность течения хладагента.

Обычно в конденсаторе имеется от одного до четырех рядов трубок, расположенных по направлению потока хладагента. Часто трубки располагают в шахматном порядке для повышения эффективности теплопередачи.

Интенсивность теплообмена неодинакова на протяжении движения хладагента по трубкам. Горячий хладагент поступает в обменник сверху и перемещается вниз.

1. На начальном этапе (5% поверхности) охлаждение наиболее интенсивно, поскольку максимальна разница температур между хладагентом и охлаждающим воздухом и высока скорость движения хладагента.

2. Основной участок теплообменника составляет около 85% поверхности. На этом участке хладагент конденсируется при постоянной температуре.
3. Остальные 10% поверхности теплообменника служат для дополнительного охлаждения жидкого хладагента.

Температура конденсации хладагента (фреона) выше температуры окружающего воздуха на 10 - 20 градусов, и составляет обычно 42-55С. Выходящий из теплообменника нагретый воздух всего на 3-5 градусов холоднее температуры конденсации.

Регулятор потока

Капиллярная трубка

Жидкий хладагент, перетекающий от конденсатора к испарителю, нужно дозировать. Это реализуется с помощью регулятора потока.

Наиболее простой вариант регулятора - капиллярная трубка диаметром около 1 мм. Они применяются в кондиционерах сплит-систем небольшой мощности.

Преимущества капиллярных трубок:

- Низкая стоимость
- Простота и надежность в эксплуатации, как при постоянной нагрузке, так и в переходных режимах.

Недостаток капиллярных трубок:

Расход хладагента через капиллярную трубку зависит только от перепада давлений на концах трубки. Если давление нагнетания компрессора и нагрузка испарителя непостоянны, то поступление хладагента по капиллярной трубке может стать недостаточным или, наоборот, избыточным.

- Если тепловая нагрузка на испаритель уменьшится, то жидкий хладагент не полностью превратится в пар, и может повредить компрессор при попадании в него. Это называется гидравлическим ударом.
- Если же из-за понижения окружающей температуры снизится давление конденсации, то поток хладагента уменьшится, и заполнение конденсатора станет недостаточным. При этом снизится холодопроизводительность установки, что, конечно, нежелательно.

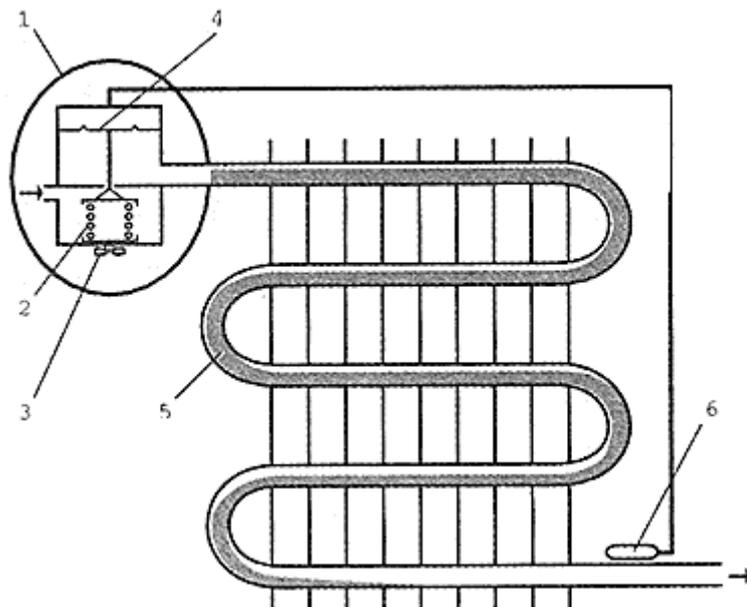
Терморегулирующий вентиль

Для мощных установок кондиционирования используют терморегулирующий вентиль (ТРВ). Он регулирует подачу хладагента от конденсатора к испарителю так, чтобы при изменении условий работы давление испарения и перегрев в испарителе холодильной машине оставались постоянными.

Существует два типа терморегулирующих вентиляей:

- С внутренним уравниванием - для машин малой и средней мощности
- С внешним уравниванием - для машин большой мощности

ТРВ с внутренним уравниванием



Скорость перетекания хладагента через терморегулирующий вентиль зависит от положения клапана. Это положение определяется соотношением сил, действующих на мембрану регулятора.

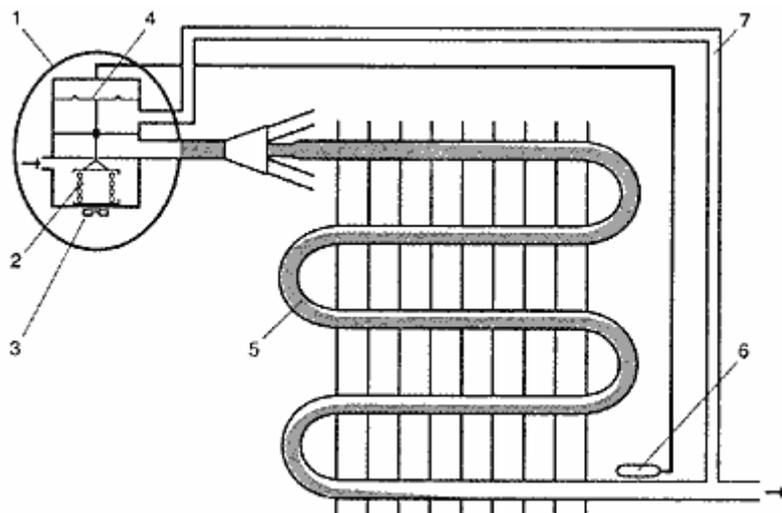
- На **закрытие** клапана направлены давление испарения и сила натяжения пружины.
- На **открытие** клапана направлено давление термобаллона, определяемое перегревом хладагента в испарителе.

Если температура внешнего воздуха понижается, то кипение хладагента ослабляется, перегрев уменьшается, и температура термобаллона снижается. При этом понижение давления в термобаллоне воздействует на мембрану регулятора, уменьшая подачу хладагента в испаритель. В результате равновесие восстанавливается.

Аналогично действие регулятора при увеличении температуры наружного воздуха.

В зависимости от длины и жесткости пружины, закрывающей клапан терморегулирующего вентиля, давление испарения и перегрев можно установить на нужные значения.

ТРВ с внешним уравниванием



Для больших холодильных машин используется более совершенная система регулировки - ТРВ с внешним регулированием. Она позволяет точно поддерживать давление испарения, если изменяется гидравлическое сопротивление испарителя.

Давление в такой системе измеряется не за клапаном регулятора, а уже на выходе из испарителя. Для этого в состав регулятора входит дополнительная трубка.

В результате такого подключения поддерживается **постоянное давление испарения хладагента и перегрев**, даже при изменении гидравлического сопротивления в испарителе.

Компрессионный цикл охлаждения

- На выходе из **испарителя** хладагент - это пар при низкой температуре и низком давлении.
- Затем **компрессор** всасывает хладагент, давление повышается до примерно 20 атм., а температура достигает 70 - 90 °С.
- После этого горячий пар хладагента попадает в **конденсатор**, где он охлаждается и конденсируется. Для охлаждения используется вода или воздух. На выходе из конденсатора хладагент представляет собой жидкость под высоким давлением.
Внутри конденсатора пар должен полностью перейти в жидкое состояние. Для этого температура жидкости, выходящей из конденсатора, на несколько градусов (обычно 4-6 °С) ниже температуры конденсации при данном давлении.
- Затем хладагент (имеющий в этот момент жидкое агрегатное состояние при высоких давлении и температуре) поступает в **регулятор потока**. Здесь давление резко падает, и происходит частичное испарение.
- На вход **испарителя** попадает смесь пара и жидкости. В испарителе жидкость должна полностью перейти в парообразное состояние. Поэтому температура пара на выходе из испарителя немного выше температуры кипения при данном давлении (обычно на 5-8 °С). Это необходимо, чтобы в компрессор не попали даже мелкие капли жидкого хладагента, иначе компрессор может быть поврежден.
- Образовавшийся в испарителе перегретый пар выходит из него, и цикл возобновляется сначала.

Итак, ограниченное количество хладагента постоянно циркулирует в холодильной машине, меняя агрегатное состояние при периодически изменяющихся температуре и давлении.

В каждом цикле имеется два определенных уровня давления. На стороне высокого давления происходит конденсация хладагента и находится конденсатор. На стороне низкого давления находится испаритель и жидкий хладагент превращается в пар. Граница между областями высокого и низкого давления проходит в двух точках - на выходе из компрессора (нагнетательный клапан) и на выходе из регулятора потока.

Трубки холодильного контура

Главные элементы холодильного контура - компрессор, конденсатор, испаритель и регулятор потока - соединены между собой металлическими трубками, по которым перемещается хладагент. Линии переноса хладагента делятся на три группы:

1. **Линии нагнетания**, по которым хладагент в газообразном состоянии под высоким давлением проходит от компрессора к конденсатору.
2. **Жидкостные линии**, по которым жидкий хладагент проходит от конденсатора к испарителю.
3. **Линии всасывания**, по которым хладагент в газообразном состоянии под низким давлением проходит от испарителя к компрессору.

Для максимальной эффективности работы холодильного контура важно правильно подобрать трубки и смонтировать их. При выборе трубок нужно учитывать приведенные ниже факторы.

Потери давления в трубках холодильного контура

Потери давления хладагента в трубках холодильного контура снижают эффективность работы холодильной машины, уменьшая ее холодо- и теплопроизводительность. Поэтому нужно стремиться к уменьшению потерь давления в трубках.

Поскольку температура кипения и конденсации зависит от давления (практически линейно), потери давления часто оценивают потерями температуры конденсации или кипения в °С.

- Пример: для хладагента R-22 при температуре испарения +5°C давление равно 584 кПа. При потере давления, равной 18 кПа, температура кипения снизится на 1°C.

Потери в линии всасывания

При потере давления на линии всасывания компрессор работает при меньшем входном давлении, чем давление испарения в испарителе холодильной машины. Из-за этого снижается расход хладагента, проходящего через компрессор, и уменьшается холодопроизводительность кондиционера. Потери давления в линии всасывания наиболее критичны для работы холодильной машины. При потерях, эквивалентных 1°C, производительность снижается на целых 4.5%!

Потери в линии нагнетания

При потере давления на линии нагнетания компрессору приходится работать с более высоким давлением, чем давление конденсации. При этом производительность компрессора тоже снижается. При потерях в линии нагнетания, эквивалентных 1°C, производительность снижается на 1.5%.

Потери в жидкостной линии

Потери давления в жидкостной линии слабо влияют на холодопроизводительность кондиционера. Зато они вызывают опасность закипания хладагента. Это происходит по следующим причинам:

1. из-за **уменьшения давления** в трубке может оказаться, что температура хладагента будет выше, чем температура конденсации при этом давлении.
2. **хладагент нагревается** из-за трения о стенки труб, поскольку механическая энергия его движения переходит в тепловую.

В результате кипение хладагента может начаться не в испарителе, а в трубках перед регулятором. Регулятор не может устойчиво работать на смеси жидкого и парообразного хладагента, поскольку расход хладагента через него сильно уменьшится. Кроме того, холодопроизводительность снизится, поскольку охладиться будет не только воздух в помещении, но и пространство вокруг трубопровода.

Допустимы следующие потери давления в трубках:

- в линии нагнетания и всасывания - до 1°C
- в жидкостной линии - 0.5 - 1°C

Проблема возврата масла в компрессор

Для нормальной работы компрессора холодильной машины его подвижные контактирующие части должны быть смазаны. Для смазки применяют специальные

масла, которые заливают в картер компрессора перед заправкой хладагента. Количество масла примерно в 10 раз меньше объема хладагента.

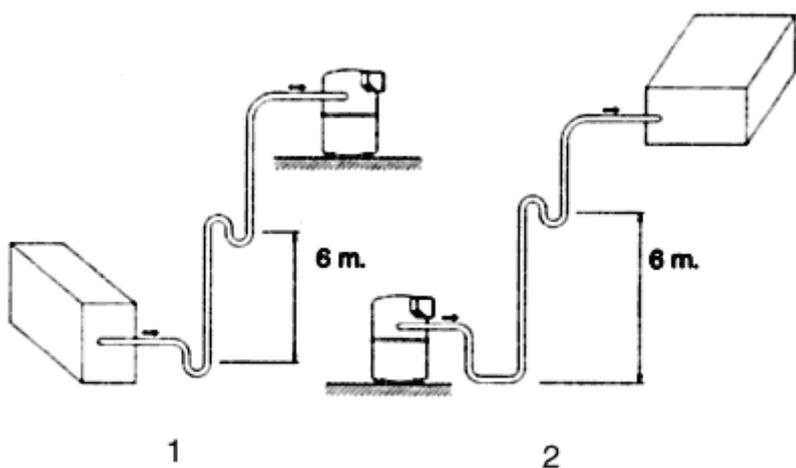
При запуске кондиционера масло вместе с газообразным хладагентом выходит в трубки линии нагнетания. После этого оно может вернуться в компрессор, только пройдя весь холодильный контур. Если же масло не будет возвращено в компрессор, то он постепенно совсем обезмаслится и выйдет из строя.

Из **жидкостных линий** масло возвращается в компрессор в смеси с жидким хладагентом. Проблем здесь не возникает.

В **линиях нагнетания и всасывания** находится парообразный хладагент, не смешивающийся с маслом. Поэтому оно может передвигаться по газовым линиям или под действием силы тяжести (только вниз), или увлекаться потоком пара.

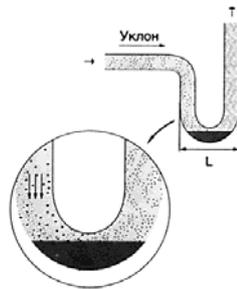
1. В горизонтальных участках линий нагнетания и всасывания для переноса масла достаточно низкой скорости пара. Но для облегчения переноса масла часто предусматривают слабый наклон трубопровода в направлении движения потока хладагента (около 0.5%).
2. В вертикальных участках линий нагнетания и всасывания для переноса масла снизу вверх нужен достаточно сильный поток пара. Скорость паров хладагента должна быть не менее 5м/с при любом режиме работы (даже с пониженной мощностью). Существует минимальная холодопроизводительность, при которой в газовых линиях масло может подниматься по вертикальным трубкам. Она зависит от диаметра трубок.

Если разность высоты между компрессором и испарителем превышает 3-4 м, перемещение масла по трубопроводу проблематично. Возможны 2 варианта их размещения:



1. **Компрессор выше испарителя.** При остановке компрессора (выключении кондиционера) в нижней части трубопровода скопится масло. Частично масло может стекать и из испарителя. При последующем запуске холодильной машины большое количество масла попадет во всасывающую полость компрессора и вызовет гидравлический удар.
2. **Конденсатор выше компрессора.** При остановке компрессора (выключении кондиционера) в нижней части трубопровода скопится масло. Если температура воздуха невысока, то конденсируются пары хладагента и тоже стекут в нижнюю часть трубопровода. При последующем запуске может возникнуть гидравлический удар из-за скопления жидкостей в нагнетающей полости компрессора.

Маслоподъемные петли



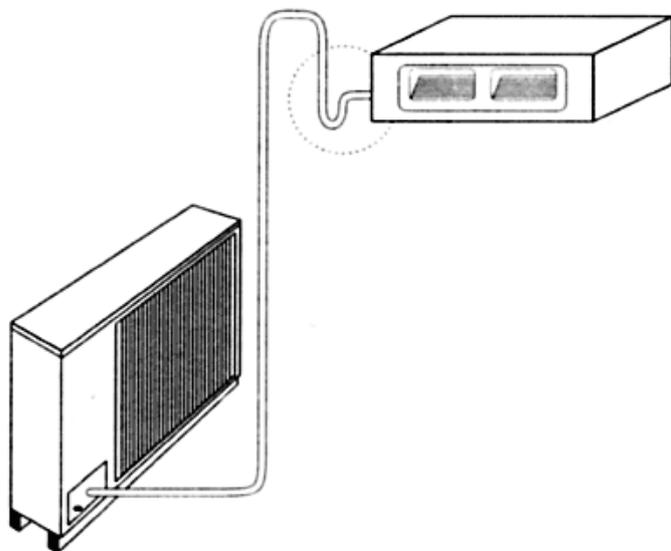
Чтобы избежать поломки компрессора из-за скопления масла, нужно устанавливать в нижней части подъема линий нагнетания и всасывания **маслоподъемную петлю**. Если же разность высот больше 7 м, то маслоподъемные петли надо устанавливать через каждые 6-7 м.

Маслоподъемная петля представляет собой изогнутый участок трубки с малым радиусом изгиба (см. схему выше). Чем больше масла скопилось в петле, тем выше его уровень. При этом снижается сечение прохода газа, и скорость газа постепенно увеличивается. При высокой скорости газа с поверхности масла капельки масла увлекаются в вертикальный трубопровод. Они образуют масляную пленку, передвигающуюся по стенкам газовой линии.

Перетекание хладагента

В момент выключения кондиционера часть хладагента находится в жидкостной линии, испарителе и конденсаторе. После выключения хладагент начинает перетекать к более охлажденным частям холодильного контура.

Если испаритель расположен выше компрессора, то остатки хладагента могут стечь вниз под действием силы тяжести. При этом они смешаются с маслом и могут наполнить выпускные клапаны компрессора. Это вызовет гидравлический удар при последующем запуске кондиционера.



Чтобы избежать гидравлического удара, надо сделать **маслоподъемную петлю** на трубке, соединяющей испаритель и компрессор (схема выше).

Замечание: Если в жидкостной линии установлен **электромагнитный клапан**, который перекрывает ее при отключении компрессора, можно не устанавливать маслоподъемную петлю.

