

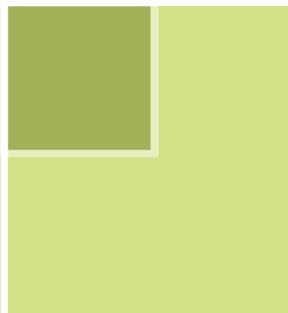
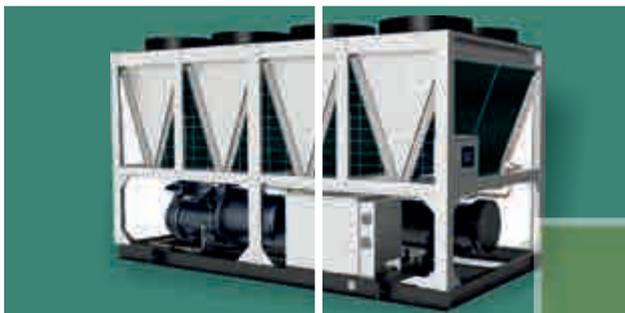


Государственный комитет
Республики Узбекистан
по охране природы



РУКОВОДСТВО ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКИХ
СПЕЦИАЛИСТОВ - ХОЛОДИЛЬЩИКОВ

ОСНОВЫ ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ХОЛОДИЛЬНЫХ СИСТЕМ



ОСНОВЫ ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ХОЛОДИЛЬНЫХ СИСТЕМ

*Руководство для технических специалистов -
холодильщиков*

Baktria press
Ташкент – 2017 г.

УДК 621.56
ББК 31.392
А 35

Азизов. Д.

Основы холодильной техники и технического обслуживания холодильных систем [Текст] / Д. Азизов, Ф. Сайдиев. - Ташкент : Baktria press, 2017. - 176 с.

Одобрено методическим советом факультета "Машиностроительные технологии" Ташкентского государственного технического университета.

Данное издание является практическим руководством, в котором кроме практических рекомендации по холодильной технике и техническому обслуживанию холодильных систем также изложены понятия о защите озонового слоя Земли, причинах его истощения, а также дана теория получения искусственного холода. Все процессы и явления в пособии преподносятся в упрощенном виде, чтобы быть доступными для понимания как можно большему числу возможных читателей.

Руководство содержит достаточный материал по устройству и принципу работы, а также разнообразным аспектам монтажа, эксплуатации и ремонта ныне используемых холодильных установок и систем кондиционирования воздуха. Для изучения материалов данного руководства не требуется специальной подготовки. Оно рекомендуется в качестве справочного пособия тем, кто непосредственно занимается монтажом, ремонтом и эксплуатацией холодильного оборудования, в котором используются хладагенты. Кроме того, руководство может быть с успехом использовано в учебном процессе при подготовке механиков по ремонту и обслуживанию холодильных установок и в качестве дополнительной литературы в преподавании дисциплин «Холодильные машины», «Холодильные установки» и «Кондиционирование воздуха» в высшем техническом учебном заведении.

УДК 621.56
ББК 31.392

Рецензенты:

Каримов К.Ф. - Доцент кафедры «Холодильная и криогенная техника» Ташкентского государственного технического университета, кандидат технических наук.

Закиров Ф.Ф. - Главный инженер ООО СП «Dream production».

Данное издание разработано в рамках проекта Государственного комитета Республики Узбекистан по охране природы, Программы Развития ООН в Узбекистане и Глобального экологического фонда "Первоначальное выполнение ускоренного сокращения использования гидрохлорфторуглеродов (ГХФУ) в регионе стран с переходной экономикой- Узбекистан".

Взгляды, изложенные в данном издании, выражают мнение авторов и могут не совпадать с официальной точкой зрения Программы Развития ООН.

Пособие издано на русском и узбекском языках. Распространяется бесплатно.

ISBN 978-9943-4815-2-7

© Государственный комитет Республики Узбекистан по охране природы, 2017

© ПРООН в Узбекистане, 2017

© Ташкентский государственный технический университет, 2017

© Baktria press, 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

Список используемых сокращений	5
Основные определения	6
Введение	12
Глава 1. Озоновый слой и причины его истощения. Глобальное потепление	14
1.1. Общие понятия об озоновом слое Земли	14
1.2. Причины и следствия истощения защитного озонового слоя атмосферы	15
1.3. Глобальное потепление и парниковый эффект.....	18
1.4. Характеристики воздействий веществ на окружающую среду коэффициенты ODP, GWP и TEWI	19
1.5. Международная и национальная законодательная база регулирования озоноразрушающих веществ	22
Глава 2. Основы получения искусственного холода	25
2.1. Методы получения холода.....	25
2.2. Охлаждение при помощи льда	29
2.3. Машинное охлаждение	32
2.4. Оборудования холодильных машин и систем кондиционирования воздуха	43
2.4.1. Компрессор	43
2.4.2. Конденсатор.....	52
2.4.3. Испаритель	55
2.4.4. Дроссельно-регулирующий орган.....	57
2.4.5. Четырехходовой клапан.....	60
2.4.6. Ресивер.....	61
2.4.7. Фильтр	62
Глава 3. Альтернативные хладагенты.....	63
3.1. Рабочие вещества холодильных машин	63
3.2. Основные свойства и экологические показатели хладагентов для парокомпрессионных холодильных машин.....	67
Глава 4. Основные положения эксплуатации холодильных машин и установок.....	76
4.1. Влияние примесей в хладагенте на работу холодильной машины	76
4.2. Удаление примесей.....	82

4.3. Замена масла	85
4.4. Предотвращение непреднамеренного выброса хладагентов в атмосферу	87
Глава 5. Рекомендации по обслуживанию малых холодильных установок и систем кондиционирования воздуха.....	104
5.1. Охлаждаемые камеры	104
5.2. Кондиционеры.....	105
5.3. Обслуживание и ремонт.....	106
Глава 6. Рекомендации по монтажу и обслуживанию торговых и промышленных систем охлаждения и кондиционирования воздуха.....	109
6.1. Монтаж оборудования.....	109
6.2. Общие мероприятия по эксплуатации и техническому обслуживанию	112
Глава 7. Транспортные рефрижераторы и установки кондиционирования воздуха. Мобильное кондиционирование воздуха (МКВ)	117
7.1. Установки с приводом от двигателя.....	117
7.2. Установки с отдельным приводом	120
7.3. Процедуры	121
7.4. Запись наблюдений и документация.....	127
7.5. Осмотр и обслуживание автомобильных холодильных установок	128
Глава 8. Специальные процедуры при обслуживании холодильных установок.....	130
8.1. Проверка утечек, процедура опорожнения и наполнения системы холодильным агентом	130
8.2. Процедура замены хладагента (ретрофит), например, R22 на R404A или R507.....	136
8.3. Процедура пайки трубопроводов холодильной системы	141
8.4. Ручные инструменты, используемые для обслуживания и выполнения различных процедур	145
Глава 9. Основные неисправности и способы устранения	150
9.1. Холодильные машины	150
9.2. Установки кондиционирования воздуха	165
Основные физические величины	174

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ СОКРАЩЕНИЙ

ХФУ	–	Хлорфторуглероды
ГФУ	–	Гидрофторуглероды
ГФО	–	Гидрофторолефины
ГХФУ	–	Гидрохлорфторуглероды
ЗРУ	–	Закон Республики Узбекистан
МКВ	–	Мобильное кондиционирование воздуха
МП	–	Монреальский протокол по веществам, разрушающим озоновый слой
ООН	–	Организация Объединенных Наций
ОРВ	–	Озоноразрушающие вещества
ОРП	–	Озоноразрушающий потенциал
ОРС	–	Озоноразрушающая способность
ПГП	–	Потенциал глобального потепления
ПКМ	–	Постановление Кабинета Министров
ПП	–	Постановление Президента
РКС	–	Реле контроля смазки
СИЗ	–	Средства индивидуальной защиты
СКВ	–	Система кондиционирования воздуха
СОР	–	Холодильный коэффициент
СПЭ	–	Страны с переходной экономикой
ТРВ	–	Терморегулирующий вентиль
ЮНЕП	–	Программа ООН по окружающей среде

ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В области холодильной техники и технологии существует широкий ряд распространенных терминов, определение которых приведено ниже:

Давление

Сила, действующая на поверхность тела в направлении, перпендикулярном этой поверхности. Единица измерения, $\text{н/м}^2 = \text{Па}$, $1 \text{ бар} = 105 \text{ кПа}$, (мм. рт. ст.).

Абсолютное давление

Давление выше давления в абсолютном или полном вакууме. Рассчитывается как сумма манометрического и барометрического давлений, в барах.

Парциальное давление

Часть давления одного компонента в общем давлении газовой смеси.

Абсолютная температура

Температура выше термодинамического нуля, при которой отсутствует любая тепловая энергия, - температура выше $-273,15^\circ\text{C}$. Абсолютная температура обычно выражается в Кельвинах (К). Ноль градусов по шкале Кельвина = $-273,15^\circ\text{C}$.

Температура насыщения

Температура, при которой жидкая фаза имеет определенную температуру и давление.

Пар

Этот термин обозначает газ с температурой и давлением, близкими к насыщению. Как правило, обычно применяется для газов с температурой ниже критической.

Абсорбция

Извлечение одного или более компонентов из газовой смеси при соприкосновении газов с жидкостью. Процесс характеризуется изменениями в физические и химические состояния компонентов.

Абсорбционные холодильные системы

Система, в которой процесс сжатия хладагента обеспечивается термически. Как правило, это происходит, когда абсорбционная жидкость улавливает испаряющийся хладагент, сокращая его объем посредством изменения фазы.

Кондиционирование воздуха

Одновременный контроль температуры, влажности, состава, движения и распределения воздуха для обеспечения комфорта людей и в производственных целях.

Плотность

Вес или масса вещества, приходящийся на единицу объема; выражается обычно в кг/м^3 .

Энергия

Способность осуществления какого-либо процесса или работы. Тепловая энергия выражается в Джоулях, Дж.

Внутренняя энергия

Энергия тела или системы тел за счет движения и потенциальной энергии молекул.

Теплота

Основная форма энергии, которая характеризуется способностью переходить от тела определенной температуры только к телу более низкой температурой. Может проявляться в форме, ощущаемой или скрытой теплоты. Выражается в джоулях (Дж).

Скрытая теплота

Тепловая энергия, освобождаемая или поглощаемая при изменении агрегатного состояния вещества при постоянной температуре и давления чистого вещества. Такая теплота не ощущается человеком и поэтому называется скрытой.

Ощущаемое тепло

Тепловая энергия, характеризующаяся изменением температуры и таким образом воспринимаемая человеком.

Теплота конденсации

или сжижение - тепловая энергия, отдаваемая хладагентом в процессе конденсации.

Удельная теплопроводность

При наличии в одной среде разных температур, тепло переходит из горячей зоны в холодную до тех пор, пока температура не выравнивается. Теплопроводность обозначается как λ , единица измерения - Вт/мК . Например, теплопроводность изоляционного материала - полиуретана равна 0,017-0,027 Вт/м К .

Конвекция

Процесс передачи теплоты посредством движения нагретого газа, пара или жидкости.

Теплоемкость

Количество теплоты, требуемой для поднятия температуры материала на один градус.

Энтальпия

(Также называется теплосодержание). Сумма внутренней энергии плюс произведение давления и объема. Изменение энтальпии в жидкости измеряет энергию (тепловая или другая форма энергии), приобретенную или потерянную рабочей жидкостью при прохождении холодильного агрегата. Энтальпия выражается в кдж/кг (Килоджоуль/ килограмм) с заглавной «I».

Абсолютная влажность

Вес водяного пара в единичном объеме паровоздушной смеси. Единица измерения $\text{кг}/\text{м}^3$.

Относительная влажность

Соотношение между парциальным давлением водяного пара в воздухе при заданной температуре и давлением насыщенного водяного пара при той же температуре. Это соотношение не зависит от атмосферного давления.

Азеотропная смесь

Азеотропной смесью называют смесь строго определенного состава из двух, трех или более индивидуальных веществ, которая в процессе фазовых переходов ведет себя как индивидуальное вещество, то есть не меняет состав.

Смесь может быть азеотропна только при одной температуре. В практических целях (охлаждения), если изменение состава азеотропной смеси при какой-то температуре не значительно, то ее можно считать однородной жидкостью.

Зеотропная / Неазеотропная смесь

Смесь, характеризующаяся значительными изменениями состава в паровом и жидком состоянии при различных температурах. Условия испарения и конденсации колеблются. Это должно учитываться в расчетах и при проектировании оборудования. Также называется «широко кипящей смесью».

Раствор

Водный соляной раствор, с температурой замерзания ниже чистой воды. Также любая жидкость, которая может быть использована в системе охлаждения для передачи теплоты.

Эвтектический раствор

Раствор, состоящий из одного или нескольких веществ, растворенных в воде в пропорциях, обеспечивающих наиболее низкую температуру замерзания. Эвтектический соляной раствор содержит 23,3% сухого хлорида натрия и замерзает при температуре минус 25°C. Эвтектический раствор хлорида кальция содержит 29,6% хлорида кальция и замерзает при температуре минус 51°C.

Система единицы СИ

Международная система единиц, которая заменила метрическую систему единиц.

Изменение состояния

Процесс перехода из одного агрегатного состояния в другое, например, переход из твердого состояния в жидкое, или из жидкого в газообразное или пар.

Холодопроизводительность

Единица производительности холодильной системы. Численно выражается как количество тепла, удаляемого из охлаждаемого объекта, в единицу времени. Измеряется в ваттах или киловаттах (Вт, кВт)

Парокомпрессионная система охлаждения

Система, в которой хладагент в газообразном состоянии или пар всасывается и сжимается компрессором.

Компрессор

Механическая машина для всасывания, сжатия и нагнетания газообразного вещества, в частности холодильных агентов.

Теплообменник

Устройство, в котором тепло передается от одной жидкости (газа) с определенной температурой другой жидкости (газу) с более низкой температурой.

Конденсатор

Теплообменный аппарат, в котором горячий пар охлаждается и переходит в жидкую фазу за счет отдачи теплоты в окружающую среду.

Испарительный конденсатор

Конденсатор, охлаждаемый непрерывным испарением воды над конденсирующей поверхностью.

Испаритель

Теплообменный аппарат холодильной системы, в которой жидкий хладагент поглощает тепло от охлаждаемого объекта и превращается в пар.

Затопленный испаритель

Испаритель, в котором поверхности теплопередачи всегда увлажняются испаряющимся жидким хладагентом.

Коэффициент теплопередачи

Количество теплоты, передаваемой через единицу площади продольного и поперечного сечения в единицу времени, где температурный градиент по продольному сечению равен одной единице. Обычно выражается в Вт/м²К и обозначается буквой «К».

Критическая точка

Состояние, при котором жидкость и пар обладают одинаковыми свойствами.

Критическое давление

Давление в критической точке вещества.

Критическая температура

Температура в критической точке вещества.

Цикл

Замкнутый путь рабочего вещества в термодинамической системе, где после ряда изменений восстанавливаются первоначальные условия температуры, давления и энтальпии.

Закон Дальтона

Общее давление смеси газов в закрытом сосуде равно сумме парциальных давлений всех газов.

Температура перегрева

Разница между температурой пара при определенном давлении и температурой насыщения при данном давлении.

Температура плавления

Температура, при которой твердое вещество переходит в жидкое состояние при заданном давлении.

Фаза

Определяет физическое состояние вещества, например, твердая, жидкая или газовая фаза.

Мощность

Это работа, выполненная в единицу времени. Единицей измерения является ватт (вт), Киловатт (квт), лошадиная сила (л.с).

Лошадиная сила

Единица мощности, 1 л.с = 745,7 Вт.

Степень сухости

Процент (%) пара в смеси жидкости и пара (по весу).

Насыщенный пар

Пар, находящийся в равновесии с жидкой фазой при заданной температуре и давлении.

Переохлаждение

Процесс охлаждения жидкости ниже ее температуры конденсации или насыщения.

Сублимация

Переход из твердого состояния в состояние пара минуя жидкую фазу.

Перегретый пар

Пар, температура которого выше чем температура насыщения при определенном давлении.

Термодинамические свойства

Соотношение между температурой, давлением, удельным объемом, энтальпией и энтропией жидкости в разных условиях.

ТРВ

Терморегулирующий вентиль – дросселирующий элемент холодильной машины, который регулирует поступление хладагента высокого давления в испаритель.

Холодильный коэффициент

Отношение холодопроизводительности установки к затраченной энергии (мощности) для производства холода.

ВВЕДЕНИЕ

Производство искусственного холода, т. е. достижение температур ниже температуры окружающей среды, и осуществление различных технологических процессов при этих температурах находят все расширяющееся применение во многих отраслях народного хозяйства. Холодильная техника оказалась нужной почти всем областям человеческой деятельности.

Развитие некоторых отраслей нельзя себе представить без применения искусственного холода. В пищевой промышленности холод обеспечивает длительное сохранение высокого качества скоропортящихся продуктов; и именно из-за недостаточного еще использования холода в мире теряется в среднем 25% произведенных пищевых продуктов. По масштабам потребления искусственного холода важное место занимает химическая промышленность. В химической промышленности искусственный холод применяется для разделения жидких и газовых смесей и получения чистых продуктов (например, этилена, пропана, пропилена из нефти и природного газа). Кроме того, холод используется при производстве многих синтетических материалов (спирта, каучука, пластмасс, волокон и др.), при производстве аммиака и азотных удобрений, для отвода теплоты химических реакций. В машиностроении внедряются низкотемпературная закалка металлов и холодные посадки. Искусственное замораживание грунтов оказывается эффективным средством для выполнения строительных работ в водоносных слоях. Искусственное охлаждение бетона применяется при строительстве плотин крупнейших гидростанций. Холод используется при производстве большого числа материалов и изделий. При помощи холода создается искусственный климат в закрытых помещениях (кондиционирование воздуха), в любое время года и в любом климате могут быть созданы искусственные ледяные катки. Искусственный холод широко применяется на различных видах транспорта для перевозки пищевых продуктов, а также на судах рыболовного флота, в торговле пищевыми продуктами и в быту.

Таким образом, нашу жизнь и деятельность нельзя представить без искусственного холода.

Жизнь на Земле охранялась на протяжении тысяч лет за счет защитного атмосферного слоя. Этот слой, состоящий из озона, защищает землю от вредного ультрафиолетового излучения солнца. Насколько мы знаем, это уникальное свойство нашей планеты. В слу-

чае разрушения этого защитного слоя, ультрафиолетовое излучение солнца стерилизует поверхность земного шара, истребив большую часть жизни на поверхности земли.

В 80 годы прошлого столетия было доказано, что хлорфторуглероды (ХФУ) и гидрохлорфторуглероды (ГХФУ) способны разрушать озоновый слой, защищающий флору и фауну Земли от губительного действия солнечного ультрафиолетового излучения.

В соответствии с Венской конвенцией «Об охране озонового слоя» от 1985 года и Монреальским протоколом, по веществам, разрушающим озоновый слой от 1987 года и последующими поправками к нему (Узбекистан ратифицировал Монреальский протокол и его последующие поправки) потребление ХФУ в развитых странах прекращено с 1996 года, а в развивающихся странах прекращено с 1 января 2010 года. Потребление ГХФУ в развитых странах должно быть прекращено к 2020 году, а в развивающихся странах к 2030 году.

Вторым негативным фактором воздействия хладагентов на атмосферу Земли является парниковый эффект. Им обладают абсолютно все хладагенты, в том числе и озонобезопасные вещества группы ГФУ. Этот эффект возникает вследствие того, что определенные газы поглощают инфракрасное излучение и задерживают его в атмосфере Земли. В результате у поверхности Земли сохраняется температура пригодная для зарождения и развития жизни. Такой способностью поглощения обладают пары воды, диоксид углерода и другие газы.

Принятые международными природоохранными соглашениями меры по предотвращению разрушения слоя стратосферного озона, а также возникновения парникового эффекта в атмосфере из-за выбросов хладагентов привели, начиная с начала 90-х годов к радикальным изменениям в технологиях кондиционирования воздуха и искусственного охлаждения. Это утверждение в особенности справедливо для промышленных установок охлаждения и кондиционирования воздуха с их широкой областью применения.

Данное руководство содержит достаточное количество информации, необходимой для технических специалистов в сфере охлаждения. Оно рекомендуется в качестве справочного пособия тем, кто вплотную занимается монтажом, ремонтом и эксплуатацией холодильного оборудования с использованием хладагентов. Кроме того, оно может быть с успехом использовано в учебном процессе при подготовке механиков по ремонту и обслуживанию холодильных установок.

ГЛАВА 1. ОЗОНОВЫЙ СЛОЙ И ПРИЧИНЫ ЕГО ИСТОЩЕНИЯ. ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ

1.1. Общее понятие об озоновом слое Земли

Озон является молекулой кислорода с тремя атомами вместо обычных двух. Дополнительный атом преобразует кислород воздуха, вдыхаемый нами в яд, даже очень малая доза которого, для человека смертельна. Озоновые молекулы постоянно создаются и разрушаются за счет естественных атмосферных процессов. Ультрафиолетовые лучи солнца расщепляют молекулы кислорода на атомы, которые затем соединяются с другими молекулами кислорода, в результате чего создается озон.

Озон не является стабильным газом и особенно чувствителен к природным компонентам, содержащим водород, азот и хлор, что приводит к его разрушению. У поверхности земли (в тропосфере) озон представляет собой все более проблематичное загрязняющее вещество, содержащее в себе фотохимический смог и щелочные дожди. Но на безопасной высоте в стратосфере, от 10 до 50 км над поверхностью земли, голубой с едким запахом газ настолько важен для жизни, как и сам кислород.

Озон образует защитный слой, который, будучи весьма хрупким, поразительно эффективен. Этот слой настолько рассеян в стратосфере толщиной 40 км, что, если его собрать в целое и сжать, он бы создал поле вокруг земли не толще подошвы туфли (приблизительно 3 мм). Концентрация озона в стратосфере колеблется в зависимости от высоты, но его доля никогда не превышает ста тысячной окружающей атмосферы.

Однако, этот наитончайший фильтр эффективно отражает почти все виды вредных ультрафиолетовых лучей солнца. Озоновый слой поглощает большое количество опасных лучей UV-B (излучение в промежутке между лучами типа UV-A, которые пропускаются, и лучами UV-C, которые, в основном поглощаются кислородом).

Даже незначительное изменение озонового слоя приведёт к увеличению ультрафиолетовой радиации типа UV-B. Несомненное увеличение излучения типа UV-B было выявлено в районах, испытывающих периоды интенсивного истощения озонового слоя. Любое увеличение количества лучей типа UV-B, достигающих поверх-

ности земли, сопряжено с потенциальной опасностью нанесения серьезного вреда окружающей среде и жизни на земле (Рис.1).

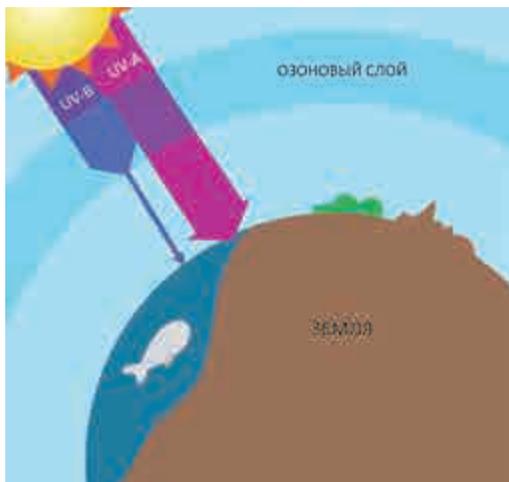


Рис.1. Влияние солнечных лучей на нашу Землю.

1.2. Причины и следствия истощения защитного атмосферного слоя

Глобальный консенсус поддерживает теорию о том, что хлоросодержащие искусственные химические вещества, выбрасываемые в атмосферу, являются причиной истощения озона в стратосфере. Большая часть этих веществ состоит из хлорфторуглеродов (ХФУ) и галлонов (используемых в огнетушителях), наиболее эффективно способствующих истощению озонового слоя. ХФУ на протяжении многих лет применялись в качестве рабочих веществ - хладагентов для холодильных машин, растворителей или пенообразователей.

Стабильная структура этих химических веществ, с пользой применяющихся на земле, способствует разрушению озонового слоя. Вещества поднимаются в стратосферу в неизменном виде, где они распадаются под воздействием интенсивного ультрафиолетового излучения UV-C. Ультрафиолетовое солнечное излучение расщепляет молекулы кислорода на атомы, которые затем соединяются с другими молекулами кислорода и преобразуются в озон. Хлор - высвобожденный излучением из хлоросодержащих молекул - забирает

атом из молекулы озона и образует оксид хлора (ClO) и обычный кислород. Реакция с кислородом вновь высвобождает атом хлора, формируя новую обычную молекулу кислорода. Таким образом, хлор действует в качестве катализатора, способствующего разрушению, причем устойчивого изменения молекулы хлора не происходит, что дает ему возможность повторять этот процесс. Ввиду этого каждая молекула хлора разрушает тысячи и тысячи молекул озона, значительно нарушая природный баланс.

Самыми опасными являются долговечные химические вещества. Срок существования ХФУ 11 в атмосфере в среднем 50 лет, ХФУ 12 - в среднем 102 года, и ХФУ 113 - в среднем 85 лет. Поэтому, даже после прекращения потребления этих химикатов процесс истощения озонового слоя ими будет продолжаться еще в течение длительного времени.

Хлорфторуглероды показали себя в качестве серьезной причины истощения озонового слоя, выявленной на сегодняшний день. Каждую весну над южным полушарием планеты над Антарктикой создается «дыра» в озоновом слое размером, соответствующим площади США. «Дыра» не является дырой как таковой, а представляет собой зону с необычайно низкой концентрацией озона.

Самые обширные «дыры» были обнаружены в Антарктиде в 1992 и 1993 г.г. - концентрация озона упала на 60% по сравнению с предыдущими наблюдениями. Истощение произошло, в особенности, на высоте от 15 до 30 км, где концентрация озона обычно самая высокая. Необходимо подчеркнуть, что воздействие ХФУ на озоновый слой усиливается за счет уникального метеорологического состояния в районе, который создает чрезвычайно холодную изолированную воздушную массу вокруг Южного полюса.

Наблюдаемое истощение озонового слоя над северным полушарием вызывает не меньшее беспокойство, чем обнаруженное в Антарктике, даже, несмотря на отсутствие обширных «дыр», благодаря некоторым метеорологическим факторам. В январе 1993 г. количество озона на протяжении всей территории с 45° до 65° северной широты составляло на 12% -15% ниже обычного. В течении периода с февраля 1993 г. по июнь включительно, наблюдался спад в среднем на 15% концентрации озона над Северной Америкой и Европой. При этом над северным и над южным полушариями был замерен максимальный спад, достигавший 25%. Эта проблема является поистине глобальной, требующей глобального решения.

Незначительное истощение озонового слоя может значительно увеличить заболеваемость раком кожи, и может привести к развитию более редкого, но более опасного заболевания, известного под названием «злокачественная меланома». Повышенное облучение ультрафиолетовыми лучами типа UV-B вызывает три типа раковых заболеваний кожи у людей. Согласно прогнозу Программы по охране окружающей среды, при ООН, на каждые 10% снижения уровня концентрации озона в атмосфере количество этих не злокачественных раковых заболеваний кожи возрастает на 26%. Злокачественная меланома, менее распространенная и поражающая меньшее количество людей около (25 000 в год), является более опасной, от нее погибает около 5 000 человек в год.

Увеличение ультрафиолетового излучения UV-B может привести к повышению глазных заболеваний, включая катаракту, деформацию хрусталиков глаз и старческую дальнозоркость.

Катаракта - это туманность, образующаяся на хрусталиках глаз, отрицательно влияющая на зрение. В то время как подобный недостаток зрения может иметь множество фазных причин, исследования показали, что причиной возникновения заболевания во многих случаях является повышенное облучение ультрафиолетовой радиацией. Ожидается, что случаи заболевания катарактой - одной из основных причин потери зрения в мире значительно возрастает.

Повышенное ультрафиолетовое излучения типа UV-B оказывает также неблагоприятное воздействие на иммунную систему человека. Подавление иммунной системы из-за облучения UV-B возникает независимо от пигментации кожи человека. Такое воздействие может усугубить и без того плохое состояние здоровья населения во многих развивающихся странах.

Материалы, используемые в строительстве: краски, упаковки и бесчисленные прочие вещества быстро разлагаются под воздействием повышенного ультрафиолетового излучения UV-B. Истощение стратосферного озона может усугубить фотохимическое загрязнение в тропосфере, в результате чего содержание озона на поверхности земли, где это не желательно, увеличится.

Увеличение ультрафиолетовой радиации вследствие истощения озонового слоя может отрицательно сказаться на растениях, морской флоре и фауне. Испытания урожайности соевых бобов в условиях с уровнем истощения озонового слоя ниже 25% показали, что урожайность падает до 20%. Истощение озонового слоя может оказать та-

кое же неблагоприятное воздействие на чувствительную экосистему океанов. Фитопланктон и личинки многих видов организмов, обитающие в пространстве от поверхности океана до нескольких метров ниже поверхности воды, могут оказаться очень чувствительными к увеличению ультрафиолетового излучения. Следствием увеличения ультрафиолетовой радиации является снижение продуктивности, что отрицательно влияет на объем водной растительности и улов рыбы. **Таким образом, жизнь на Земле во многом зависит от сохранения хрупкого защитного озонового слоя.**

1.3. Глобальное потепление и парниковый эффект

Температура Земли поддерживается за счет баланса между теплом от солнечного излучения, поступающего из космоса, и охлаждения от выброса инфракрасных лучей с теплой поверхности земли и из атмосферы в космос. Солнце является единственным источником тепла земли. Когда солнечное излучение в форме видимого света достигает земли, некоторые лучи поглощаются атмосферой и отражаются от облаков и земли (в особенности от пустынь и снега). Остальные лучи поглощаются поверхностью, которая при этом нагревается и в свою очередь нагревает атмосферу.

Теплая поверхность и атмосфера земли выбрасывают невидимые инфракрасные лучи. В то время как атмосфера сравнительно прозрачна и проницаема для солнечного излучения, инфракрасная радиация поглощается в атмосфере многими менее распространенными газами. Хотя их содержание невысоко, незначительные газовые примеси действуют как покрывало, предотвращая выброс большого количества инфракрасных лучей напрямую в космос.

Ограничение выброса радиации, способствующей охлаждению земли, позволяет сохранить тепло на поверхности земли. В парнике стекло пропускает солнечные лучи, но при этом предотвращает выброс некоторых инфракрасных лучей. Газы земной атмосферы, которые действуют приблизительно таким же образом, называются «парниковыми газами». Эти газы - не азот и не кислород, основные компоненты атмосферы, а газовые примеси, включающие, например, водяной пар, углекислый газ и озон. Водяной пар является наиболее важным природным парниковым газом в атмосфере. Из парниковых газов, создаваемых человеком, наиболее важными яв-

ляются углекислый газ (CO), метан (CH_4), закись азота (N_2O), и галогенуглероды, из которых хлорфторуглероды - наиболее значительны.

Озон, содержащийся в основном в нижней части атмосферы, концентрации которого зависят от человеческой деятельности, также является важным парниковым газом. Эти газы, кроме ХФУ, также естественного происхождения. Водяной пар непосредственно связан с проблемой парникового эффекта, поскольку его концентрация зависит от присутствия и механизма обратной связи с другими газами. Потепление, вызванное другими парниковыми газами, увеличивает испарение и позволяет атмосфере содержать большее количество водяного пара, таким образом, способствуя дальнейшему потеплению.

Различные газы поглощают и задерживают различные количества инфракрасных лучей. Содержание газов в атмосфере варьируют в зависимости от периода времени, и их воздействие на химический состав атмосферы (в особенности озона) различно. Например, молекулы ХФУ-12 оказывают приблизительно такое же воздействие на излучение, как 16 000 молекул CO_2 . Эффект молекулы метана в 21 раз больше эффекта CO_2 , но срок жизни его намного короче.

1.4. Характеристики воздействий веществ на окружающую среду - коэффициенты ODP, GWP и TEWI

Для сравнения различных веществ с экологической точки зрения введены некоторые показатели, которые позволяют сравнить эти вещества по свойству отрицательного воздействия на окружающую среду. К ним относятся коэффициенты ODP, GWP и TEWI.

Коэффициент ODP (Ozon Depleting Potention - Озоноразрушающий потенциал- ОРП или озоноразрушающая способность - ОРС), показатель способности разрушать озон в относительных единицах, принятая для хладагента ХФУ-11, и эта способность равна 1. Считаются высокими значениями ODP от 0,055 (для ГХФУ 22) до 10 (для галона 1301).

Потенциал глобального потепления GWP (Global Warming Potention) (ПГП) является индексом, который позволяет сравнить парниковый эффект различных газов в течение определенного промежутка времени в соотношении к одинаковому количеству двуокиси углерода (в весовом значении).

Поскольку срок жизни различных газов и CO_2 отличается, то различные показатели GWP могут быть рассчитаны в зависимости от рассматриваемого временного горизонта. Срок жизни CO_2 составляет около 200 лет в атмосфере. Сравнение газа с очень коротким сроком жизни в течение короткого периода преувеличивает парниковый потенциал данного газа и недооценивает парниковый потенциал CO_2 . Если же вычисляется GWP из расчета на 500 лет, эффект CO_2 преувеличивается, а воздействие газов с непродолжительным сроком жизни на первые 20-50 лет недооценивается. Поэтому в литературе нужно искать соответствующие индексы GWP - в зависимости от рассматриваемого временного горизонта. Обычно за основу берется временной горизонт в 100 лет.

Сегодня особое значение имеет выбор альтернативных хладагентов и конструкций системы охлаждения. Помимо требования отсутствия озоноразрушающего потенциала ($\text{ODP}=0$) и потенциала воздействия на глобальное потепление ($\text{GWP}=0$) существенным критерием выбора является величина энергопотребления систем охлаждения, как косвенного вклада в создание парникового эффекта.

Поэтому был разработан метод расчета систем охлаждения, позволяющий проанализировать их суммарное воздействие на парниковый эффект.

В связи с этим введен так называемый фактор "TEWI" (Total Equivalent Warming Impact или Суммарное Эквивалентное Воздействие на Потепление), хотя результат определяется главным образом выбросами CO_2 в зависимости от применяемого способа привода или выработки энергии.

Это косвенное воздействие связано с выбросом нескольких килограммов CO_2 в атмосферу при производстве каждого киловатт-часа электроэнергии, используемого для производства холода. Различные опыты и расчеты показали, что косвенный вклад термодинамических систем в парниковый эффект является значительно более высоким, чем прямой вклад от выбросов ХФУ. Например, косвенный вклад бытового холодильника, использующего ХФУ-12 и с изоляционным материалом - пенополиуретаном, содержащим ХФУ-11, составляет 80% вклада термодинамической системы в парниковый эффект (CO_2 , выделяемый в процессе сжигания ископаемого топлива на электростанциях) ХФУ, выбрасываемые в атмосферу составляют оставшиеся 20%.

Последняя методика TEWI - анализа предлагает учитывать также дополнительные энергетические затраты на создание оборудования и обеспечение мер безопасности. В ней используются относительные показатели.

Все галогенуглеродные хладагенты, включая хлорнесодержащие гидрофторуглероды (ГФУ), относятся к категории парниковых газов. Выбросы этих веществ вносят вклад в глобальный парниковый эффект. Степень их воздействия, однако, гораздо больше по сравнению с CO_2 , являющимся основным парниковым газом в атмосфере (в дополнение к водяным парам). Например, если взять временной интервал в 100 лет, выброс 1 кг R134a приблизительно эквивалентен выбросу 1300 кг CO_2 ($\text{GWP}_{100} = 1300$).

Уже из этих фактов ясно, что уменьшение выбросов хладагентов должно быть одной из основных задач.

С другой стороны, основной вклад в воздействие, оказываемое холодильными установками на глобальное потепление, вносят выбросы (косвенные) CO_2 при выработке энергии. С учетом высокого процента использования ископаемого топлива на электростанциях, средняя величина выброса CO_2 в Европе составляет около 0,6 кг на один киловатт-час электроэнергии. В результате холодильная установка за время ее службы вносит существенный вклад в парниковый эффект.

При расчете коэффициента общего эквивалентного потенциала потепления (TEWI) учитывается как непосредственное, так и косвенное воздействие. TEWI является суммой следующих компонентов, выраженных в кг CO_2 :

- количество CO_2 соответствующее глобальному потенциалу потепления газа, создающего парниковый эффект;
- количество CO_2 , выбрасываемое при производстве энергии.

Например, возможно рассчитать TEWI бытового холодильника, содержащего:

«X» кг R-141b в полиуретановой изолирующей пене, «Y» кг R-134a в системе охлаждения, и производящего «Z» кг CO_2 потреблением электроэнергии. Тогда:

$$\text{TEWI} = x\text{GWP}_{\text{R-141b}} + y\text{GWP}_{\text{R-134a}} + z.$$

1.5. Международная и национальная законодательная база регулирования озоноразрушающих веществ

Защита стратосферного озонового слоя Земли явилась важной международной инициативой, задачи которой были отражены в Венской конвенции **«Об охране озонового слоя»**, разработанной под эгидой ЮНЕП и подписанной в марте 1985 года.

Венская конвенция предусматривает межправительственное сотрудничество в проведении научных исследований, систематичное наблюдение за озоновым слоем, мониторинг производства ОРВ и обмен информацией. Конечной целью Венской конвенции является обеспечения охраны здоровья людей и окружающей среды от последствий разрушения озонового слоя.

Стороны Конвенции договорились о совместной работе в области науки для понимания атмосферных процессов, обмена информацией по производству озоноразрушающих веществ (ОРВ), выбросов ОРВ и осуществлению превентивных мер по их ограничению.

Впоследствии стороны признали, что этих мер недостаточно для защиты озонового слоя, и в 1987 году был принят Монреальский протокол по веществам, разрушающим озоновый слой. Протокол содержит список контролируемых озоноразрушающих веществ, и меры по сокращению производства и потребления веществ, разрушающих озоновый слой. Протокол вступил в силу 1 января 1989 г. На сегодняшний день 197 стран являются участниками Монреальского протокола, принявшие обязательства по этапам производства, потребления и сокращения ОРВ. На данный момент приняты 4 поправки и 5 дополнений к Монреальскому протоколу.

На II совещании Сторон была утверждена Лондонская поправка, в соответствии с которой в список были введены дополнительные ХФУ, четыреххлористый углерод, метилхлороформ, а также меры контроля над этими веществами. Наряду с введенными дополнениями, принят ускоренный график отмены уже существующих в списке веществ и дополнительные меры контроля, включенные в приложение для развитых и развивающихся стран Монреальского Протокола.

Развивающиеся страны относятся к статье 5 Сторон Монреальского протокола, в которых потребление веществ, перечисленных в приложении А, не превышает 0,3 кг на душу населения.

Развитые страны классифицируются в соответствии со статьей 2 Протокола.

Для предоставления технической и финансовой помощи развивающимся странам, Стороны постановили учредить Многосторонний Фонд по реализации Монреальского протокола, который будет способствовать соблюдению Протокола развивающимися странами и содействовать прекращению потребления ОРВ.

На IV совещании Сторон в 1992 году Копенгагенской поправкой Монреальский протокол был дополнен новыми веществами группы ГХФУ. Для развитых стран были ускорены сроки прекращения потребления ГХФУ, введено новое вещество метилбромид (бромистый метил). Введены сроки прекращения производства и потребления галонов, тетрахлорметана и метилхлороформа.

В 1997 году на IX совещании Сторон Монреальской Поправкой были введены дополнительные меры контроля для развивающихся стран и ускорение сроков потребления ОРВ развитыми странами. Эта поправка предусматривает разработку и принятие систем лицензирования импорта/экспорта ОРВ и продукции, содержащих ОРВ.

В 1999 году была принята Пекинская Поправка, в которой было отмечено, что для выполнения требований по прекращению потребления ОРВ странами статьи 5, график сокращения потребления ОРВ должен быть увеличен, в виду отсутствия альтернативных технологий. Введены запреты на торговлю любыми ОРВ, в том числе ГХФУ, со странами, не ратифицировавшими данную поправку, список контролируемых веществ пополнен веществом бромхлорметан, запрет на потребление, которого установлен с 1 января 2002 года.

Многосторонний фонд Монреальского протокола оказывает техническую и нормативно-правовую поддержку странам статьи 5 для скорейшего прекращения использования ОРВ.

18 мая 1993 года Республика Узбекистан подтвердила правопреемственность в отношении своего участия в Венской конвенции и Монреальском протоколе, подписанных бывшим Советским Союзом, и взяла на себя обязательства, вытекающие из присоединения к указанным документам.

Для выполнения принятых на себя международных обязательств и обеспечения прогресса в достижении поэтапного отказа от ОРВ в Республике Узбекистан приняты законы и изданы правительственные постановления, составляющие законодательную базу регулирования озоноразрушающих веществ.

Основа законодательной базы регулирования ОРВ в Республике Узбекистан была заложена принятием Закона Республики Узбеки-

стан **«Об охране природы»** от 9 декабря 1992 года №754-XII. Статья 20 закона «Условия пользования атмосферным воздухом» предписывала: «министерства и ведомства, предприятия, учреждения, организации, частные лица обязаны сократить и в последующем полностью прекратить производство и использование химических веществ, вредно воздействующих на озоновый слой».

Регулирование использования ОРВ получило дальнейшее развитие в Законе Республики Узбекистан **«Об охране атмосферного воздуха»** от 27 декабря 1996 года № 353-I, статья 19 этого закона обязывает: «предприятия, учреждения и организации, осуществляющие эксплуатацию и ремонт изделий, содержащих озоноразрушающие вещества, должны обеспечивать их учет и замену озонобезопасными веществами» Дальнейшее развитие законодательной базы регулирования ОРВ изложена в Постановлении кабинета министров Республики Узбекистан «О мерах по выполнению международных обязательств Республики Узбекистан по договорам в области защиты озонового слоя» №20 от 24.01.2000 г. Постановлением одобрена Национальная программа по прекращению использования озоноразрушающих веществ.

Во исполнение решений Монреальского протокола принято Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан **«О совершенствовании регулирования ввоза в Республику Узбекистан и вывоза из Республики Узбекистан озоноразрушающих веществ и продукции, их содержащей»** №247 от 11 ноября 2005 г.

В Постановлении Кабинета Министров Республики Узбекистан **«О программе действий по охране окружающей среды Республики Узбекистана 2013-2017 годы»** № 142 от 25.05.2013 г. пунктом 60 приложения №2 **«Мероприятия по реализации Программы действий по охране окружающей среды Республики Узбекистана 2013-2017 годы»**, к вышеуказанному Постановлению, включено мероприятие по реализации в Узбекистане проекта ГЭФ/ПРООН **“Первоначальное выполнение ускоренного сокращения гидрохлорфторуглеродов (ГХФУ) в регионе стран с переходной экономикой - Узбекистан”**.

Реализация проекта в 2013-2017 гг направлена на обеспечение вывода из потребления ГХФУ в Узбекистане к 2030 году.

ГЛАВА 2. ОСНОВЫ ПОЛУЧЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ХОЛОДА

2.1. Методы получения холода

Физическая природа тепла и холода одинакова, разница состоит только в скорости движения молекул и атомов. В более нагретом теле скорость движения больше, чем менее нагретом. При подводе к телу тепла движение возрастает, при отнятии тепла уменьшается. Таким образом, тепловая энергия есть внутренняя энергия движения молекул и атомов.

Охлаждение тела — это отвод от него тепла, сопровождаемый понижением температуры. Самый простой способ охлаждения — теплообмен между охлаждаемым телом и окружающей средой — наружным воздухом, речной или морской водой, почвой. Но этим способом, даже при самом совершенном теплообмене, температуру охлаждаемого тела можно понизить только до температуры окружающей среды. Такое охлаждение называется *естественным*.

Охлаждение тела ниже температуры окружающей среды называется *искусственным*. Для него используют главным образом скрытую теплоту, поглощаемую телами при изменении их агрегатного состояния.

Существуют несколько способов получения искусственного холода. Самый простой из них — *охлаждение при помощи льда или снега*, таяние которых сопровождается поглощением довольно большого количества тепла. Если теплопритоки извне малы, а теплопередающая поверхность льда или снега относительно велика, то температуру в помещении можно понизить почти до 0°C. Практически в помещении, охлаждаемом льдом или снегом, температуру воздуха удается поддерживать, лишь на уровне 5—8°C. При ледяном охлаждении используют водный лед или твердую углекислоту (сухой лед).

Для получения искусственного холода также можно использовать *дросселирование* в паровых компрессионных холодильных машинах, а в газовых *изоэнтропное расширение* с совершением внешней работы или *вихревой эффект* (эффект Ранка - Хильша).

Под процессом дросселирования (или мятая) понимают непрерывный переход газа или жидкости от более высокого давления к низкому, без совершения внешней полезной работы и без теплообмена с окружающей средой. Дросселирование, протекающего газа

или жидкости, возникает в том случае, когда поток внезапно сужается вследствие уменьшения сечения диафрагмой, вентилем, или встретив сопротивление в виде пористой среды, а затем получает возможность двигаться в большем сечении. Давление вещества при дросселировании уменьшается, а объем увеличивается. Дроссельный эффект принято также называть эффектом Джоуля-Томсона.

В газовых холодильных машинах используются изоэнтропное расширение с совершением внешней работы. Поток вещества, перемещаясь из области высоких давлений в область более низких, может совершать полезную внешнюю работу, однако при дросселировании нет условий для совершения такой работы. Эту работу можно получить с помощью турбодетандера (машина, в которой происходит перемещение и расширение среды с совершением внешней работы), если сразу за дроссельным отверстием поместить рабочее колесо турбодетандера. Тогда кинетическая энергия потока, вместо того чтобы вследствие трения переходить в тепло, как в процессе дросселирования, используется для получения полезной работы. Эта внешняя работа может быть снята с вала турбодетандера и затем использована.

Таким образом, при расширении с совершением внешней работы не только появляется возможность получения полезной работы, но и увеличивается степень эффекта охлаждения. Данный процесс осуществляется не только в турбодетандере, но и в детандерах других типов.

Вихревой эффект (эффект Ранка - Хильша) происходит без совершения внешней полезной работы и создаётся с помощью вихревой трубы, показанной на рисунке 2.

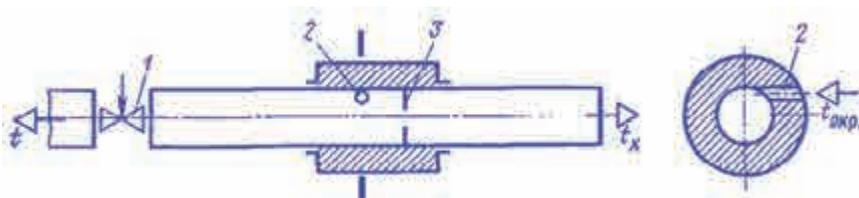


Рис.2. Вихревая труба.

Сжатый газ вводится, обычно при температуре окружающей среды, в цилиндрическую трубу через сопло 2 по касательной к внутренней поверхности трубы. Поступивший газ совершает вращательное

движение по отношению к оси трубы и перемещается от сопла к тому концу трубы, где размещён вентиль 1. При этом часть периферийного потока газа выходит из трубы с температурой более высокой, чем температура поступающего газа, а часть противотоком проходит к центральной части трубы и выходит через диафрагму 3 с температурой более низкой, чем начальная. Поток газа с низкой температурой используется для охлаждения, а с высокой температурой – для нагревания.

В холодильных машинах передачу холода осуществляют с помощью рабочего тела - *холодильного агента (хладагента)*, в качестве которого используют газы, пары и водные или металлические растворы.

Особенность газовых, в частности, воздушных машин, состоит в том, что хладагент в процессе работы не изменяет свое агрегатное состояние. В паровых холодильных машинах рабочее тело меняет своё агрегатное состояние. В машинах, работающих на растворах, периодически изменяется концентрация раствора, что приводит к изменению теплового взаимодействия — к чередованию поглощения и выделения теплоты.

Работу холодильной машины можно осуществить, используя в качестве внешней энергии механическую, тепловую или электрическую. Машины двух последних типов называют соответственно теплоиспользующими и термоэлектрическими. Одним из основных процессов в непрерывно действующей холодильной машине с затратой механической или тепловой энергии является процесс сжатия рабочего тела. Машины, в которых такой процесс осуществляют механическими агрегатами, компрессорами — называют *компрессорными*. При использовании для сжатия струйных аппаратов (эжекторов) — *эжекторными*; при использовании термохимических компрессоров, работающих по принципу химической абсорбции — *абсорбционными*.

В абсорбционных машинах (*рис.3*) пары хладагента поглощаются (абсорбируются) жидким абсорбентом, из которого они затем десорбируются и сжижаются. В качестве хладагента обычно применяют аммиак (NH_3), а в качестве абсорбента - воду. Пары NH_3 сжижаются в конденсаторе ТК, теплота конденсации $q_{\text{конд}}$ отводится охлаждающей водой или воздухом. В испаритель ТИ дросселируется жидкий NH_3 , при этом его температура снижается до T_x . За счет отвода теплоты q_x от охлаждаемой среды NH_3 кипит, а его пары поступают в абсорбер

Аб, где поглощаются слабым раствором аммиачной воды, непрерывно подаваемой через вентиль Вн, теплота абсорбции $q_{аб}$ отводится водой (H_2O). Обогащенный раствор аммиачной воды подается насосом Н в подогреватель (кипятильник) Пд, где пары NH_3 отгоняются.

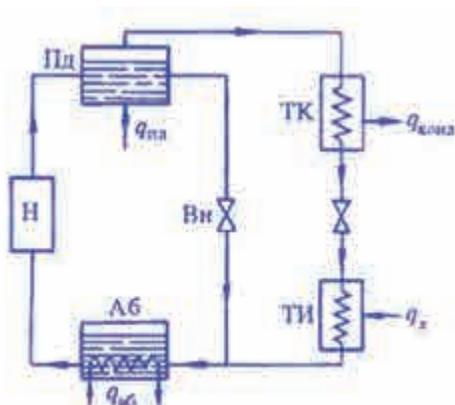


Рис.3. Схема абсорбционной машины.

Ещё один метод получения холода, основанный на эффекте Пельтье, состоит в пропускании электрического тока через контакт двух разнородных проводников. При изменении направления тока выделение теплоты сменяется ее поглощением, и возможный перепад температур составляет до $140^{\circ}C$ (Рис. 4).

Для получения холода по такому методу используется два полупроводника (1) и (2), которые связываются медными пластинами (3).

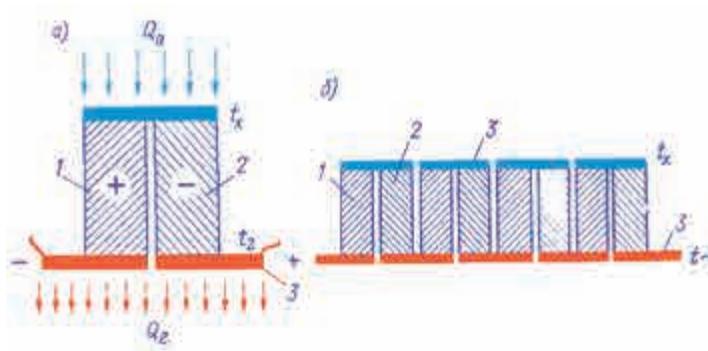


Рис.4. Схема термоэлектрической холодильной машины

2.2. Охлаждение при помощи льда

До внедрения механических и термических систем охлаждения, для охлаждения пищи люди пользовались льдом, привезенным с гор. Состоятельные семьи использовали ледяные подвалы, представляющие собой колодцы, вырытые в земле и уплотненные деревом и соломой для хранения льда. Таким образом, снег и лед мог храниться месяцами. Лед являлся основным средством охлаждения до начала 20 века и до сих пор еще используется в некоторых странах. Люди, не имеющие возможность использовать лед, солили или коптили пищевые продукты для их сохранения.

При *охлаждении водным льдом* происходит изменение его агрегатного состояния — плавление (таяние). Холодопроизводительность, или охлаждающая способность чистого водного льда, называется удельной теплотой плавления (теплота, поглощаемая 1 кг водного льда при таянии). Она равна 335 кДж/кг. Теплоемкость льда, то есть поглощаемая теплота одного килограмма льда при повышении его температуры на один градус равна 2,1 кДж/кг⁰С.

Водный лед применяется для охлаждения и сезонного хранения продовольственных товаров, овощей, фруктов в климатических зонах с продолжительным холодным периодом, где в естественных условиях в зимний период его легко можно заготовить. Водный лед в качестве охлаждающего средства применяется в специальных ледниках и на ледяных складах. Ледники бывают с нижней загрузкой льда (ледник-погреб) и с боковой — карманного типа.

Ледяное охлаждение имеет существенные недостатки:

- температура хранения ограничена температурой таяния льда (обычно температура воздуха на ледяных складах 5— 8⁰С);
- в ледник необходимо закладывать количество льда, достаточное на весь период хранения, и добавлять по мере необходимости;
- значительные затраты труда на заготовку и хранение водного льда;
- большие размеры помещения для льда, превышающие примерно в 3 раза размеры помещения для продуктов;
- значительные затраты труда на соблюдение необходимых требований, предъявляемых к хранению пищевых продуктов и отводу талой воды.

Льдосоляное охлаждение производится с применением дробленого водного льда и соли. Благодаря добавлению соли скорость

таяния льда увеличивается, а температура таяния льда опускается ниже. Это объясняется тем, что добавление соли вызывает ослабление молекулярного сцепления и разрушение кристаллических решеток льда. Таяние льдосоляной смеси протекает с отбором теплоты от окружающей среды, в результате чего окружающий воздух охлаждается, и температура его понижается.

С повышением содержания соли в льдосоляной смеси температура плавления ее понижается. Раствор соли с самой низкой температурой таяния называется эвтектическим, а температура его таяния — криогидратной точкой. Криогидратная точка для льдосоляной смеси с поваренной солью $-21,2^{\circ}\text{C}$, при концентрации соли в растворе 23,1% по отношению к общей массе смеси, что примерно равно 30 кг соли на 100 кг льда. При дальнейшей концентрации соли происходит не понижение температуры таяния льдосоляной смеси, а повышение температуры таяния (при 25%-ной концентрации соли в растворе к общей массе температура таяния повышается до -8°C).

При замораживании водного раствора поваренной соли в концентрации, соответствующей криогидратной точке, получается однородная смесь кристаллов льда и соли, которая называется *эвтектическим твердым раствором*.

Эвтектический раствор применяют для зероторного охлаждения. Для этого в зероторы — наглухо запаянные формы заливают эвтектический раствор поваренной соли и замораживают их. Замороженные зероторы используют для охлаждения прилавок, шкафов, охлаждаемых переносных сумок-холодильников и т. д. В торговле льдосоляное охлаждение широко применялось до массового выпуска оборудования с машинным способом охлаждения.

Охлаждение сухим льдом основано на свойстве твердой углекислоты (CO_2) сублимировать, т.е. при поглощении тепла переходить из твердого состояния в газообразное, минуя жидкое состояние. Физические свойства сухого льда следующие:

- температура сублимации при атмосферном давлении — $t_{\text{суб}} = -78,9^{\circ}\text{C}$;

-теплота сублимации (поглощаемая теплота при сублимации одного килограмма углекислоты) — $q_{\text{суб}} = 574,6$ кДж/кг.

Сухой лед обладает следующими преимуществами по сравнению с водным:

- можно получать более низкую температуру;

- охлаждающее действие 1 кг сухого льда почти в 2 раза больше, чем 1 кг водного льда:

- при охлаждении не возникает сырости, кроме того, при сублимации сухого льда образуется газообразная углекислота, которая является консервирующим средством, способствующим лучшему сохранению продуктов.

Сухой лед применяется для перевозки замороженных продуктов, охлаждения фасованного мороженого, замороженных фруктов и овощей.

Искусственное охлаждение можно получить также, *смешиванием льда или снега с разведенными кислотами*. Например, смесь из 7 частей снега или льда и 4 частей разведенной азотной кислоты имеет температуру -35°C . Низкую температуру можно получить и растворением солей в разведенных кислотах. Так, если 5 частей азотнокислого аммония и 6 частей сернокислого натрия растворить в 4 частях разведенной азотной кислоты, то смесь будет иметь температуру -40°C .

Получение искусственного холода с помощью снега или льда, а также с помощью охлаждающих смесей имеет существенные недостатки: трудоемкость процессов заготовки льда или снега, их доставки, трудность автоматического регулирования, ограниченные температурные возможности.

В последнее время в связи с, загрязнением окружающей среды все более актуальной становится проблема использования для холодильной обработки пищевых продуктов нетрадиционных экологически безопасных методов получения холода. Наиболее перспективным из них является *криогенный метод на базе жидкого и газообразного азота* с применением без машинной проточной системы хладоснабжения, предусматривающей одноразовое использование криоагента.

Без машинная проточная система азотного охлаждения имеет значительные преимущества: очень надежны в эксплуатации и имеет высокую скорость замораживания, обеспечивающую практически полное сохранение качества и внешнего вида продукта, а также минимальные потери его массы за счет усушки.

Особо следует отметить экологическую чистоту таких систем (в атмосфере Земли содержится до 78% газообразного азота). Однако проблемы, связанные с производством жидкого азота и его доставки, существенно удорожают эту систему охлаждения.

2.3. Машинное охлаждение

Наиболее распространенным и удобным в эксплуатационном отношении способом охлаждения является машинное охлаждение.

В 1930-е годы после внедрения ХФУ, ГХФУ и малогабаритных электродвигателей, механические холодильники получили широкое распространение в быту. Многие семьи пользовались также газовыми морозильниками, основанными на принципе охлаждения, поглощением аммиака/водяного пара, питание которых, осуществлялось не от двигателя, а от газа. Эти холодильники применяются до сих пор в фургонах.

Машинное охлаждение — способ получения холода за счет изменения агрегатного состояния хладагента, кипения его при низких температурах с отводом от охлаждаемого тела или среды необходимой для этого теплоты парообразования. Для последующей конденсации паров хладагента требуется предварительное повышение их давления и температуры.

В основу машинного способа охлаждения может быть положено также адиабатическое (без подвода и отвода тепла) расширение сжатого газа. При расширении сжатого газа температура его значительно понижается, так как внешняя работа в этом случае совершается за счет внутренней энергии газа. На этом принципе основана работа воздушных холодильных машин.

Схема компрессионного цикла охлаждения.

Остановимся на принципе работы и физических процессах, происходящих в холодильной машине. Принцип работы паровой компрессионной холодильной машины в упрощенной форме можно разделить на четыре процесса: испарение, сжатие, конденсация и дросселирование. Охлаждение в машине обеспечивается непрерывной циркуляцией: кипением и конденсацией хладагента в замкнутой системе. Кипение хладагента происходит при низком давлении и низкой температуре, а конденсация - при высоком давлении и высокой температуре. Принципиальная схема парокомпрессионной холодильной машины показана на рис.5.

Компрессионный цикл охлаждения состоит из четырех основных элементов: компрессора, испарителя, конденсатора, дроссельно-регулирующего элемента (регулятора потока), в качестве которого используются дроссельные вентили, терморегулирующие вентили (ТРВ), капиллярные трубки и др.

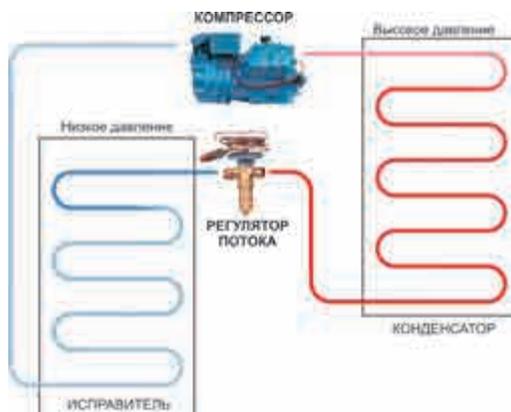


Рис.5. Схема парового компрессионного холодильника

Эти основные элементы соединены трубопроводами в замкнутую систему, по которой циркулирует хладагент. Компрессор осуществляет циркуляцию хладагента и поддерживает высокое давление (20-23 атм.) в конденсаторе.

На выходе из испарителя хладагент - это пар при низкой температуре и низком давлении.

Затем компрессор всасывает пары хладагента и сжимает его, повышая давление до примерно 20 атм., а температуру до 70 – 90°C.

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. Температура жидкости, выходящей из конденсатора, на несколько градусов (обычно 4-6°C) ниже температуры конденсации при данном давлении.

Затем хладагент (имеющий в этот момент жидкое агрегатное состояние при высоком давлении и температуре) поступает в регулятор потока (ТРВ, капиллярная трубка и т.д.). 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°C). Это необходимо, чтобы в компрессор не попали даже мелкие капли жидкого хладагента, иначе компрессор может быть поврежден;

- образовавшийся в испарителе перегретый пар откачивается компрессором из него, и цикл повторяется.

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

Для понимания цикла паровой компрессионной холодильной машины необходимо тщательно изучить отдельные процессы, входящие в него, а также связи, существующие между отдельными процессами, и влияние изменений в каком-либо процессе цикла на все другие процессы данного цикла. Это изучение в значительной степени можно упростить, используя диаграммы и схемы с графическим изображением цикла (рис.б). Графическое изображение холодильного цикла позволяет рассматривать одновременно различные изменения в состоянии хладагента, происходящие в течение цикла, и влияние этих изменений на цикл без воспроизведения в памяти различных цифровых величин, связанных с циклом.

Наиболее распространенной в холодильной технике является диаграмма $i - \lg P$ (удельная энтальпия - давление) как наиболее удобная для последующих тепловых расчетов.

Состояние хладагента, находящегося в любом термодинамическом виде, может быть показано на диаграмме в виде точки, которая определяется двумя любыми параметрами, соответствующими данному состоянию. При этом могут быть использованы *простые измеряемые параметры*: температура (в °С или К); давление (в Па или в производных единицах: 1 кПа=10³ Па, 1 МПа=10⁶ Па=10 бар), а также *удельный объем* v (в м³/кг) или *плотность* $\rho=1/v$, кг/м³.

Кроме простых измеряемых параметров, используют также *сложные расчетные параметры*. На диаграмме $i - \lg P$ таким (одним из основных) параметром является *удельная энтальпия* i , кДж/кг. Это полная энергия хладагента I , отнесенная к единице массы.

В термодинамике удельную энтальпию i представляют в виде суммы внутренней энергии « u » кДж/кг, и произведения абсолютного давления « P » Па, на удельный объем v , м³/кг.

$$i = u + Pv$$

В этом выражении произведение Pv представляет собой потенциальную энергию давления P , которая используется на совершение работы.

Расчетным параметром является и *энтропия* S . В расчетах и на

диаграммах используют удельное значение энтропии s , кДж/кг К.

Так же, как и в случае энтальпии, для расчетов важно не значение энтропии «в точке», а ее изменение в каком-то процессе, то есть $\Delta s = \Delta q / T_m$, где Δq – теплота, отнесенная к единице массы хладагента, а T_m , К – средняя абсолютная температура в течение процесса теплообмена между хладагентом и внешней средой.

Для работы с диаграммой надо помнить, что она делится на три зоны:

- переохлажденной жидкости – слева от кривой насыщенной жидкости (на диаграммах кривая черного цвета, имеющая максимальную толщину), где степень сухости пара $x=0$;
- парожидкостной смеси – между кривыми $x=0$ и $x=1$ – насыщенный пар;
- перегретого пара – справа от линии $x=1$.

Линию, соответствующую насыщенной жидкости ($x=0$) называют левой, или нижней, пограничной кривой, а линию, соответствующую насыщенному пару ($x=1$), называют правой, или верхней, пограничной кривой.

Линии постоянного давления – изобары – на диаграммах проходят горизонтально, а линии постоянной энтальпии – изоэнтальпы – вертикально (серые тонкие линии прямоугольной сетки).

Процессы кипения и конденсации чистых хладагентов при постоянном давлении проходят между пограничными кривыми при неизменной (постоянной) температуре, соответствующей температуре насыщения при постоянном давлении.

Все компрессионные циклы холодильных машин включают два определенных уровня давления. Граница между ними проходит через нагнетательный клапан на выходе компрессора с одной стороны и выход из ТРВ (или капиллярной трубки) с другой стороны.

Нагнетательный клапан компрессора и выходное отверстие ТРВ являются разделительными точками между сторонами высокого и низкого давлений в холодильной машине.

На стороне высокого давления находятся все элементы, работающие при давлении конденсации.

На стороне низкого давления находятся все элементы, работающие при давлении испарения.

Несмотря на то, что существует много типов компрессионных холодильных машин, принципиальная схема цикла в них практически одинакова.

Цикл охлаждения.

На диаграмме (рис.6) представлена характерная кривая отображающая состояние кривой насыщенного пара хладагента и кривой насыщенной жидкости.

Как отмечалось выше, левая часть кривой соответствует состоянию насыщенной жидкости, правая часть - состоянию насыщенного пара. Две кривые соединяются в центре в так называемой «критической точке», где хладагент может находиться как в жидком, так и в парообразном состоянии. Зоны слева и справа от кривой соответствуют переохлажденной жидкости и перегретому пару. Внутри кривой линии помещается зона, соответствующая состоянию смеси жидкости и пара.

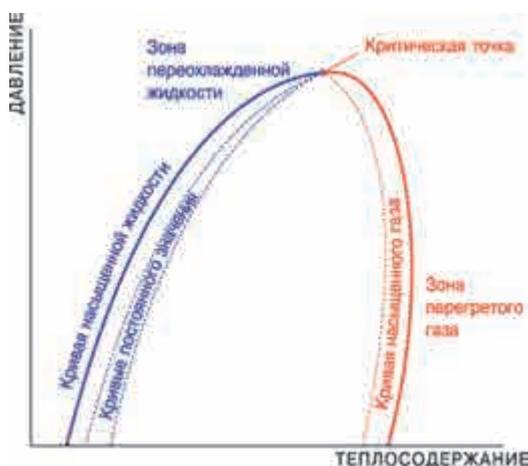


Рис.6. Диаграмма давления и теплосодержания

Рассмотрим схему теоретического (идеального) цикла охлаждения с тем, чтобы лучше понять действующие факторы (рис.7), включая наиболее характерные процессы, происходящие в компрессионном цикле охлаждения.

Сжатие пара в компрессоре.

Холодный насыщенный парообразный хладагент поступает в компрессор (точка C'). В процессе сжатия повышаются его давление и температура (точка D). Теплосодержание также повышается на величину, определяемую отрезком HC' - HD, то есть проекцией линии C' - D на горизонтальную ось.

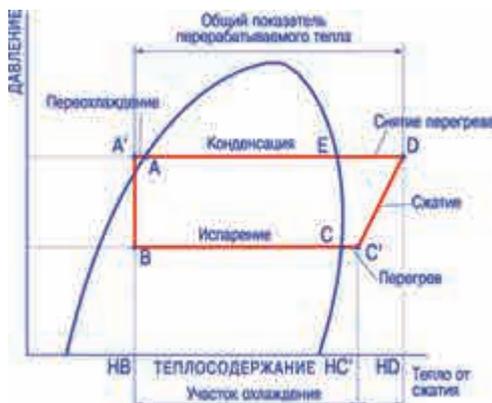


Рис.7. Изображение теоретического цикла охлаждения на диаграмме «Давление - теплосодержание»

Конденсация.

В конце цикла сжатия (точка D) горячий пар поступает в конденсатор, где начинается его конденсация и переход из состояния горячего пара в состояние горячей жидкости. Этот переход в новое состояние происходит при неизменных давлении и температуре. Следует отметить, что, хотя температура смеси остается практически неизменной, теплосодержание уменьшается за счет отвода тепла от конденсатора и превращения пара в жидкость, поэтому он отображается на диаграмме в виде прямой, параллельной горизонтальной оси.

Процесс в конденсаторе происходит в три стадии: снятие перегрева (D-E), собственно конденсация (E-A) и переохлаждение жидкости (A-A'). Рассмотрим кратко каждый этап.

Снятие перегрева (D-E).

Это первая фаза, происходящая в конденсаторе, и в течение ее температура охлаждаемого пара снижается до температуры насыщения или конденсации. На этом этапе происходит лишь отъем излишнего тепла и не происходит изменение агрегатного состояния хладагента. На этом участке снимается примерно 10-20% общего теплосъема в конденсаторе.

Конденсация (E-A).

Температура конденсации охлаждаемого пара и образующейся жидкости сохраняется постоянной на протяжении всей этой фазы. Происходит изменение агрегатного состояния хладагента с переходом насыщенного пара в состояние насыщенной жидкости. На этом участке снимается 60-80% теплосъема.

Переохлаждение жидкости (A-A).

На этой фазе хладагент, находящийся в жидком состоянии, подвергается дальнейшему охлаждению, в результате чего его температура понижается. Получается переохлажденная жидкость (по отношению к состоянию насыщенной жидкости) без изменения агрегатного состояния. Переохлаждение хладагента дает значительные энергетические преимущества: при нормальном функционировании понижение температуры хладагента на один градус соответствует повышению холодопроизводительности холодильной машины примерно на 1% при том же уровне энергопотребления.

Количество тепла, выделяемого в конденсаторе.

Участок D-A соответствует изменению теплосодержания хладагента в конденсаторе и характеризует количество тепла, выделяемого в конденсаторе.

Дросселирование потока в ТРВ (в капиллярной трубке) (A`-B).

Переохлажденная жидкость с параметрами в точке A` поступает на регулятор потока (капиллярную трубку или терморегулирующий вентиль), где происходит резкое снижение давления. Если давление за регулятором потока становится достаточно низким, то кипение хладагента может происходить непосредственно за регулятором, достигая точки B.

Испарение жидкости в испарителе (B-C).

Смесь жидкости и пара (точка B) поступает в испаритель, где она поглощает тепло от окружающей среды (потока воздуха) и переходит полностью в парообразное состояние (точка C). Процесс идет при постоянной температуре, но с увеличением теплосодержания.

Как уже говорилось выше, парообразный хладагент несколько перегревается на выходе испарителя. Главная задача фазы перегрева (C - C`) - обеспечение полного испарения остающихся капель жидкости, чтобы в компрессор поступал только парообразный хладагент. Для этого требуется повышение площади теплообменной поверхности испарителя на 2-3% на каждые 0,5°C перегрева. Поскольку, обычно перегрев соответствует 5-8°C, то увеличение площади поверхности испарителя может составлять около 20%, что безусловно оправдано, так как увеличивает эффективность охлаждения.

Количество тепла, поглощаемого испарителем.

Участок HВ - HС` соответствует изменению теплосодержания хладагента в испарителе и характеризует количество тепла, поглощаемого испарителем. На рисунке 8 показана та же диаграмма, которая даёт более наглядную иллюстрацию работы холодильной машины.

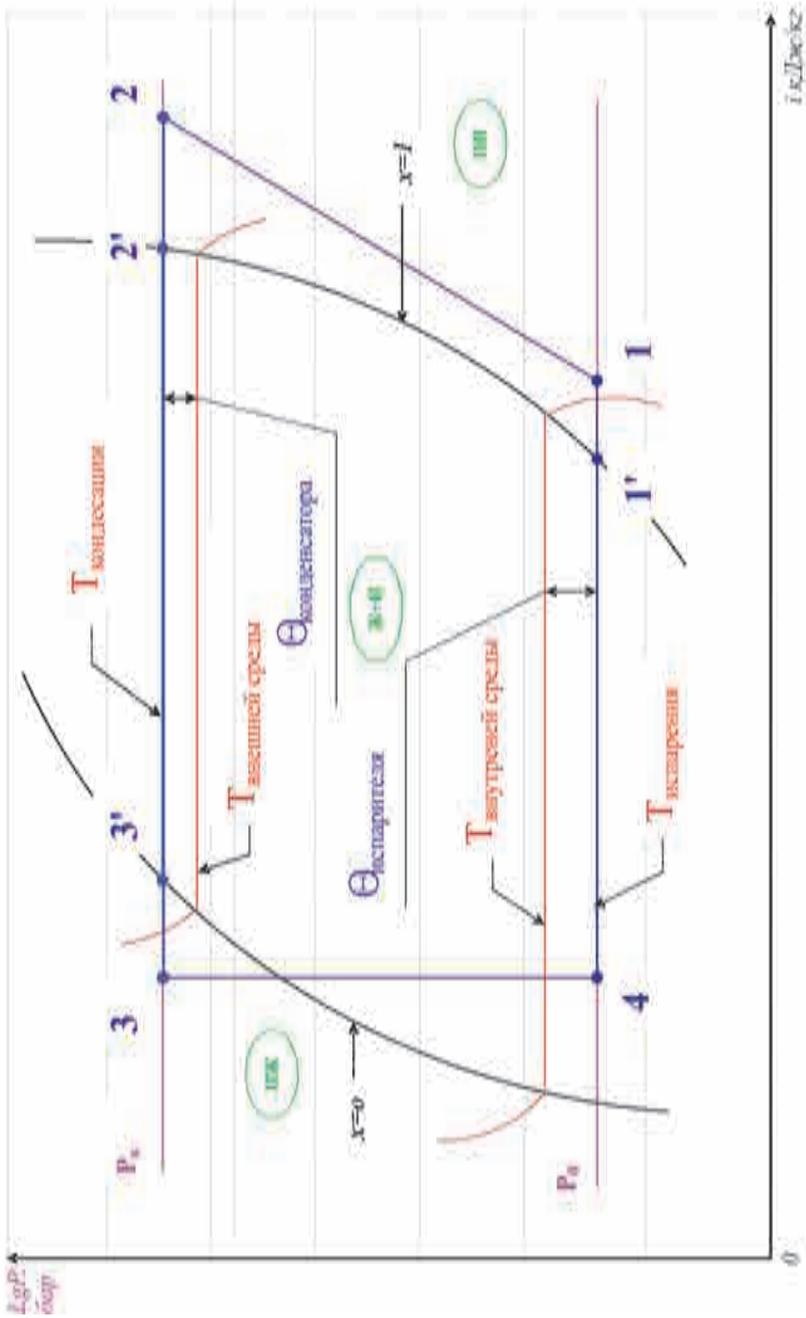


Рис. 8. Цикл холодильной машины

Принцип работы кондиционера.

Кондиционирование воздуха — автоматическое поддержание в закрытых помещениях всех или отдельных параметров воздуха (температуры, относительной влажности, чистоты, скорости движения воздуха) с целью обеспечения комфортных (оптимальных метеорологических) условий, наиболее благоприятных для самочувствия людей, ведения технологического процесса, обеспечения сохранности продукции и иных материальных ценностей.

Кондиционирование воздуха, осуществляемое для создания и поддержания допускаемых или оптимальных условий воздушной среды, носит название «комфортного», а искусственных климатических условий в соответствии с технологическими требованиями — «технологического». Кондиционирование воздуха осуществляется комплексом технических решений, именуемых системой кондиционирования воздуха (СКВ). В состав СКВ входят технические средства приготовления, перемешивания и распределения воздуха, приготовления холода, а также технические средства хладо и теплоснабжения, автоматики, дистанционного управления и контроля.

В основе работы кондиционера лежит перемещение тепла сжиженным газом, который называют хладагентом, в процессе перехода его из жидкости в пар и обратно. Процесс работы кондиционера практически ничем не отличается от процесса работы обычного холодильника.

Рассмотрим цикл работы сплит-кондиционера в режиме охлаждения.

Сплит-система (от английского “Split” – раздельный) – это кондиционер, состоящий из внешнего(компрессорно-конденсаторного) и внутреннего (испарительного) блоков (рис.9). Внешний блок обычно монтируется на фасаде зданий, внутренний – в зависимости от исполнения, на стене, на полу, на потолке или за декоративным потолком. Соединяются эти блоки двумя медными трубками в теплоизоляции. Трубки проводятся внутри стен, в подвесных потолках, за панелями и т.д. или закрываются декоративными пластиковыми коробами. Принципиально сплит-системы были созданы для того, чтобы вынести основные источники шума (компрессор, четырехходовой вентиль, капиллярную трубку) за пределы помещения. Уровень шума у самых «продвинутых» моделей достигает 22-26 dB, дальнейшее уменьшение шума возможно только при установке на всасывающие и нагнетательные трубопроводы шумоглушителей.

Благодаря работе компрессора, размещенного в наружном блоке, во внутреннем блоке создается пониженное давление. Температура хладагента в этот момент равна $5-10^{\circ}\text{C}$, поэтому он начинает кипеть и переходит в пар. Необходимая для этого энергия поступает от теплого воздуха помещения, отдающего часть своего тепла хладагенту. Охлажденный таким образом воздух возвращается вентилятором внутреннего блока обратно в помещение. В то же время парообразный хладагент, проходя через компрессор наружного блока, сжимается под воздействием высокого давления, и температура его увеличивается до $50-60^{\circ}\text{C}$. Далее горячий пар охлаждается в наружном блоке и снова превращается в жидкость, отдавая тепло окружающему воздуху при помощи вентилятора наружного блока. И даже если температура окружающей среды достигает $40-45^{\circ}\text{C}$, она все же ниже температуры хладагента. После конденсатора жидкий хладагент проходит через капиллярную трубку. Давление при этом резко падает, и температура хладагента вновь опускается до $5-10^{\circ}\text{C}$, в результате чего жидкость снова начинает кипеть в испарителе, поглощая тепло из охлаждаемого помещения.

Таким образом, при работе кондиционера происходит перенос тепла из среды, в которой находится испаритель (внутреннее помещение) в ту среду, где находится конденсатор (наружу вне помещения).

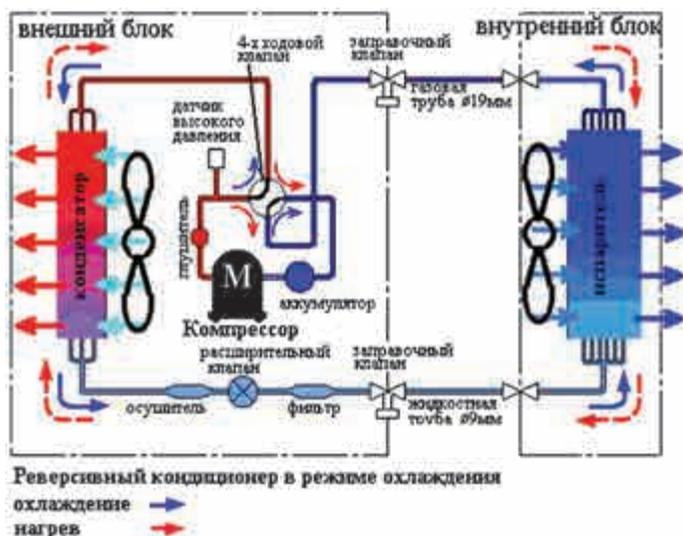


Рис.9. Конструкция сплит-кондиционера

Автомобильный кондиционер работает по тому же принципу, что и обычный бытовой холодильник, хотя и устроен немного по-другому. Он представляет собой герметичную систему, заполненную хладагентом и специальным холодильным маслом, растворимым в жидком хладагенте и не теряющим смазочные свойства при низких температурах. Масло нужно для смазки компрессора.

Несмотря на некоторые различия между автомобильными кондиционерами, выпускаемыми разными производителями, их принципиальная схема одинакова. Самый распространенный вариант приведен ниже (рис.10).

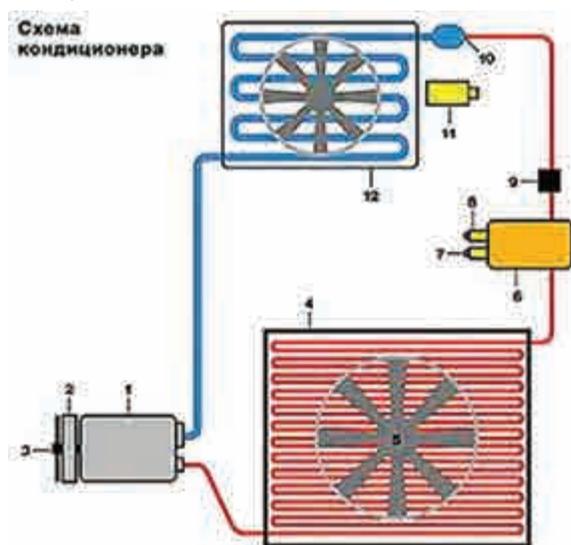


Рис.10. Схема конструкции автомобильного кондиционера

При нажатии на кнопку включения кондиционера срабатывает электромагнитная муфта, и стальной прижимной диск 3, издав характерный щелчок, притягивается к шкиву 2 (шкив приводится в движение ременной передачей, и когда кондиционер выключен, он вращается вхолостую). Через ременную передачу вращение передается компрессору 1. Компрессор сжимает газообразный фреон и нагнетает его по трубопроводу в конденсатор 4 (в народе его часто называют радиатором кондиционера). В конденсаторе сильно нагретый и сжатый фреон охлаждается. В этом ему помогает вентилятор 5, который включается на первую скорость одновременно с компрессором. Если автомобиль едет — еще лучше, конденсатор

дополнительно обдувается набегающим потоком воздуха. Охладившись, сжатый фреон начинает конденсироваться и выходит из конденсора уже жидким. После этого жидкий фреон проходит через фильтр-осушитель 6, в котором хладагент очищается от продуктов износа компрессора и влаги.

На трубопроводе рядом с фильтром-осушителем, смонтирован смотровой глазок 9, по которому можно визуально оценить количество хладагента в системе. Пройдя фильтр-осушитель, фреон дросселируется в TRV 10 и поступает в испаритель, находящийся в салоне автомобиля. TRV является автоматически регулирующим дроссельным органом, который осуществляет необходимую подачу жидкого фреона в испаритель. В испарителе 12 жидкий фреон кипит и переходит в газообразное состояние, отбирая тепло из салона автомобиля. Охлаждение салона осуществляется принудительно с помощью вентилятора. Вентилятор подает охлаждённый воздух с испарителя в салон автомобиля. Парообразный фреон из испарителя, всасывается компрессором и цикл повторяется.

2.4. Оборудование холодильных машин и систем кондиционирования воздуха

2.4.1. Компрессор

Компрессор предназначен для отсасывания паров хладагента из испарителя, сжатия и нагнетания их в перегретом состоянии в конденсатор. В качестве компрессорных агрегатов в холодильных машинах и в системах кондиционирования воздуха применяют компрессоры объёмного сжатия — поршневые, спиральные, роторные, винтовые, а также компрессоры динамического действия — турбокомпрессоры.

Поршневые компрессора холодильных машин малой и средней холодопроизводительности в большинстве случаев выполняют блоккартерными. Принцип их работы показан на рис.11.

При движении поршня вверх по цилиндру компрессора хладагент сжимается. Поршень перемещается электродвигателем через коленчатый вал и шатун.

Под действием давления пара открываются нагнетательные и закрываются всасывающие клапана компрессора холодильной машины (Рисунки Г и А).

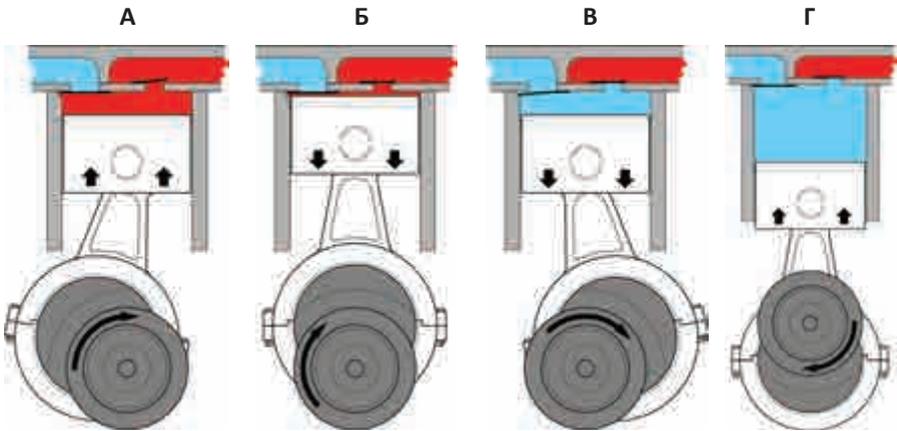


Рис.11. Принцип работы поршневого компрессора

При движении поршня вниз по цилиндру компрессора хладагент всасывается. Поршень перемещается электродвигателем через коленчатый вал и шатун. Под действием давления пара открываются всасывающие и закрываются нагнетательные клапана компрессора холодильной машины.

На схемах «Б» и «В» показана фаза всасывания хладагента в компрессор. Поршень начинает опускаться вниз от верхней точки, благодаря чему в камере компрессора создается разрежение и открывается всасывающий клапан. Парообразный хладагент, имеющий низкую температуру и низкое давление, попадает в рабочее пространство компрессора.

Основные модификации поршневых компрессоров (отличаются конструкцией, типом двигателя и назначением): герметичные компрессоры, полугерметичные компрессоры, открытые компрессоры.

Герметичные компрессоры используются в холодильных машинах небольшой мощности (1,5 – 3,5 кВт). Электродвигатель расположен внутри герметичного корпуса компрессора. Охлаждение электродвигателя производится всасываемыми парами хладагента.

Полугерметичные компрессоры используются в холодильных машинах средней мощности (30 - 300 кВт). В полугерметичных компрессорах электродвигатель и компрессор соединены напрямую и размещены в одном разборном корпусе (рис.12). Преимущество этого типа компрессоров в том, что при повреждениях можно извлечь из корпуса двигатель, чтобы отремонтировать клапаны, поршень и др.

части компрессора. Охлаждение электродвигателя производится всасываемыми парами хладагента.

Открытые компрессоры имеют внешний электродвигатель, выведенный за пределы корпуса, и соединенный с компрессором на прямую или через трансмиссию.

Мощность многих холодильных установок может плавно регулироваться с помощью инверторов - специальных устройств, изменяющих скорость вращения компрессора.

В полугерметичных компрессорах возможен и другой способ регулировки мощности - перепуском пара с выхода на вход либо закрытием части всасывающих клапанов.

Основные недостатки поршневых компрессоров:

- пульсация давления паров хладагента на выходе, приводящие к высокому уровню шума.
- большие нагрузки при пуске, требующие большого запаса мощности и приводящие к износу компрессора.

Конструктивную основу таких компрессоров составляет фасонная отливка (блок-картер) из чугуна или алюминиевых сплавов. В расточки блока запрессовывают тонкостенные втулки-гильзы цилиндров, отлитые из чугуна. Головки (крышки цилиндров) литые, они закрывают цилиндр или группу цилиндров и закрепляют клапанные плиты (обычно с помощью буферной пружины). В компрессорах предусмотрено водяное или воздушное охлаждение цилиндров и их головок. Для водяного охлаждения в блоке выполняют охлаждающие полости (рубашки). В компрессорах с воздушным охлаждением поверхность блока в верхней части, а также головки обычно выполняют с наружным оребрением.

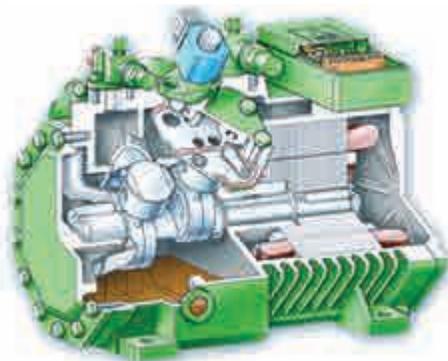


Рис.12. Разрез поршневого полугерметичного компрессора

Система смазки поршневых холодильных компрессоров малой и средней холодопроизводительности комбинированная: часть поверхностей трения обеспечивают подачей масла под давлением, создаваемым масляным насосом, часть — разбрызгиванием, т.е. масляным туманом, оседающим на поверхностях трения. В качестве насосов в большинстве случаев используют шестеренчатые насосы с непосредственным приводом от вала компрессора или от вспомогательного вала, связанного с коленчатым шестеренчатым приводом. От насоса масло под давлением поступает к коренным шейкам, а далее по каналам в теле коленчатого вала к шатунным шейкам. Очищается масло в фильтре грубой очистки на входе в насос и тонкой очистки на выходе из него. Иногда на входе в фильтр грубой очистки устанавливают магнитный фильтр, для улавливания металлических продуктов износа (металлической крошки).

В бытовых установках используются герметичные компрессоры, в которых компрессор и электродвигатель образуют единый герметичный агрегат (рис.13).

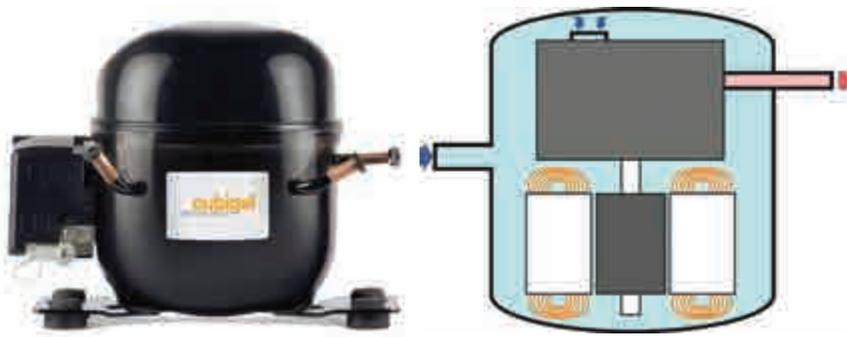


Рис.13. Компрессор бытового холодильника

Ротационные компрессоры. Принцип работы ротационных компрессоров вращения основан на всасывании и сжатии газа пластинами при вращении ротора и катящимся ротором.

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

Существует две модификации ротационных компрессоров: с катящимся ротором (рис.14); с вращающимся ротором с пластинами.

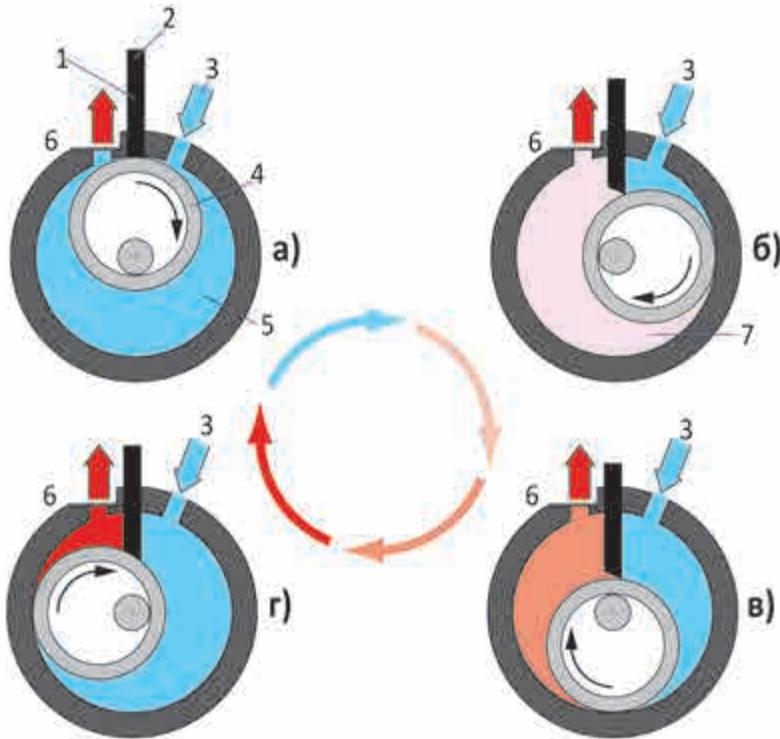


Рис.14. Принцип работы компрессора с катящимся ротором

В компрессоре с катящимся ротором хладагент сжимается при помощи эксцентрика - 4, 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 нагнетательный клапан компрессора. Пластины – 1 разделяют области высокого и низкого давления паров хладагента внутри цилиндра компрессора. Четыре такта работы этого компрессора таковы:

- 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.

В компрессоре с пластинами на вращающемся роторе хладагент сжимается при помощи пластин, установленных на вращающемся роторе (рис.15).

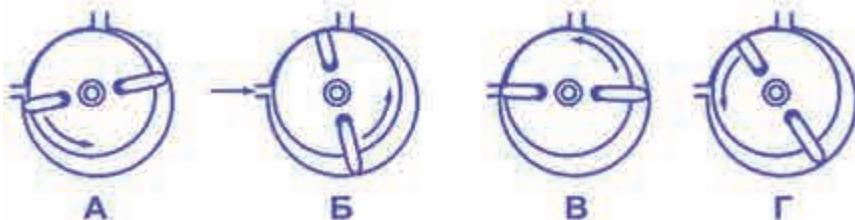


Рис.15. Компрессор с пластинами на вращающемся роторе

Ось ротора смещена относительно оси цилиндра компрессора. Края пластин плотно прилегают к поверхности цилиндра, разделяя области высокого и низкого давления. На рисунке 15 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.

Компрессора, на одном валу которых расположено два ротора, называют двухроторные.

Спиральные компрессоры применяются в холодильных машинах малой и средней мощности (рис.16).

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 эксцентрик и перекачивается по внутренней поверхности другой спирали. При этом точка касания спиралей постепенно перемещается от края к центру. Пары хладагента, на-

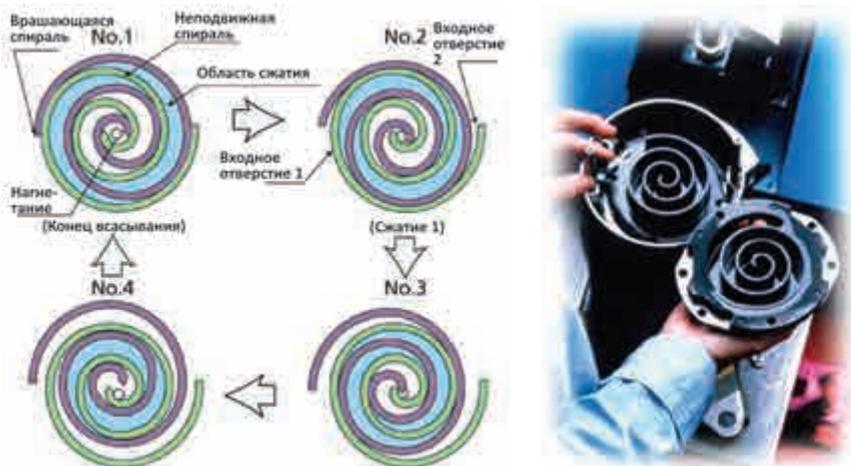


Рис.16. Принципиальная схема работы спирального компрессора

ходящиеся перед линией касания, сжимаются, и выталкиваются в центральное отверстие в крышке компрессора. Точки касания расположены на каждом 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 спиралями и выходят через выпускное отверстие в верхней части корпуса компрессора. Такая система обеспечивает очень равномерное движение газа, а это означает почти полное отсутствие вибрации, кроме того, уровень звукового давления значительно меньше чем у классических поршневых компрессоров. Кроме того, необходимо отметить, что в спиральных компрессорах нет элементов, совершающих возвратно-поступательные движения, как, например, поршня и шатуны в поршневых холодильных компрессорах.

Стоит отметить, что благодаря малому количеству трущихся деталей, спиральный компрессор имеет преимущество в продолжительности «жизни».

Недостатки спиральных компрессоров: сложность изготовления и, как следствие, высокая цена; необходимо очень точное прилегание спиралей и герметичность по их торцам, а также непригодность к ремонту.

Винтовые компрессоры — это машины, работа которых обеспечивается постоянным направленным вращательно-поступательным движением газа (пара) в пространстве, образуемом винтовыми выступами-зубьями и впадинами роторов (винтов). В винтовом компрессоре сжатие происходит в криволинейном цилиндре, из которого газ вытесняется криволинейным поршнем. Роль цилиндров в такой машине играют впадины между зубьями каждого ротора, роль поршней — сами зубья.

Существуют две модификации этого типа: с одинарным винтом, с двойным винтом

Модели с одинарным винтом имеют одну или две шестерни-сателлита, подсоединенные к ротору с боков.

Сжатие паров хладагента происходит с помощью вращающихся в разные стороны роторов. Их вращение обеспечивает центральный ротор в виде винта.

Пары хладагента поступают через входное отверстие компрессора, охлаждают двигатель, затем попадают во внешний сектор вращающихся шестеренок роторов, сжимаются и выходят через скользящий клапан в выпускное отверстие.

Винты компрессора должны прилегать герметично, поэтому используется смазывающее масло. Впоследствии масло отделяется от хладагента в специальном сепараторе компрессора.

Модели с двойным винтом отличаются использованием двух роторов - основного и приводного (*рис.17*).

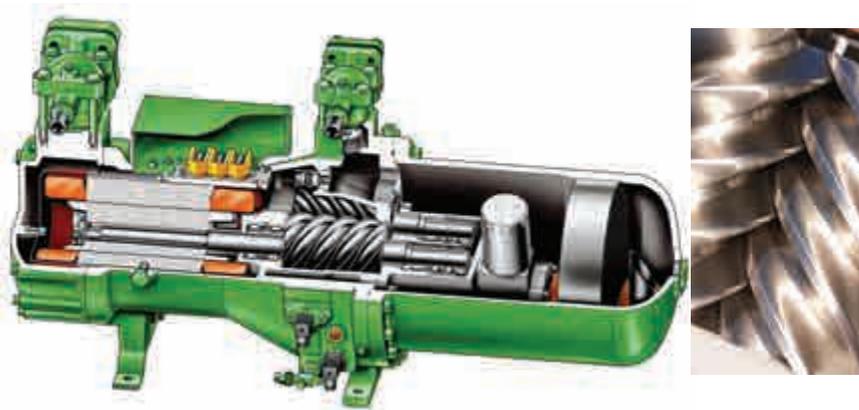


Рис.17. Конструктивная схема двухроторного винтового компрессора

Ведущий и ведомый роторы (винты) такого компрессора устанавливают в опорных подшипниках скольжения или качения, один из которых играет роль опорно-упорного.

В ряде конструкций для восприятия осевых нагрузок на ведущем роторе размещают разгрузочный поршень. Винты роторов представляют собой косозубые крупномодульные шестерни с постоянным осевым шагом с зубьями определенного профиля. Для изготовления винтов необходимы специальный инструмент и оборудование.

Винтовые компрессоры не имеют всасывающих и нагнетательных клапанов. Всасывание хладагента постоянно происходит с одной стороны компрессора, а его нагнетание (выпускание) - с другой стороны. При таком способе сжатия паров уровень шума гораздо ниже, чем у поршневых компрессоров.

Винтовые компрессоры позволяют плавно регулировать мощность холодильной машины с помощью изменения частоты оборотов двигателя.

Винтовые компрессоры выполняют в трех конструктивных вариантах: сухого и мокрого сжатия, а также маслозаполненными.

В компрессорах сухого сжатия между поверхностями роторов и корпусом с помощью синхронизирующих шестерен связи, монтируемых на консольных концах роторов, выдерживают гарантированный зазор. В такой конструкции шестерни связи, помимо обеспечения зазора, осуществляют передачу вращающего момента приводного двигателя от ведущего ротора к ведомому. Преимущество машины сухого сжатия — отсутствие загрязнения сжимаемого хладагента маслом; недостаток — невозможность получения высокой степени повышения давления. Давление в ступени винтового компрессора сухого сжатия обычно не превышает четырех.

Компрессоры мокрого сжатия работают с впрыском в рабочую полость некоторого количества жидкости для снижения температуры сжимаемого хладагента, что способствует реализации более высоких значений степени повышения давления и приближает процесс сжатия к изотермическому.

В маслозаполненных компрессорах, получивших преимущественное применение в холодильной технике, в полость ведомого ротора, находящегося в соприкосновении с ведущим, под давлением от насоса системы смазки непрерывно подается масло. Это масло смазывает поверхность контакта роторов, обеспечивая их кинематическую связь, создает уплотнение зазоров, препятствуя перетеканию

хладагента, а также охлаждает его. Степень повышения давления, реализуемая в одной ступени маслозаполненного компрессора, может достигать до 12—16. В технологическую схему машины включают также маслоотделитель и маслоохладитель.

Основные преимущества винтовых компрессоров по сравнению с поршневыми обусловлены отсутствием деталей с возвратно-поступательным движением. Это предопределяет быстроходность машин, практически непрерывную подачу, рациональные удельные показатели по габаритным размерам и массе, высокую надежность и большой срок службы, который для маслозаполненных компрессоров обычно превышает 40 000 ч. Винтовые компрессоры не требуют значительных капитальных затрат и эксплуатационных расходов, отнесенных к единице холодопроизводительности.

Существенные недостатки винтовых компрессоров: неизменная геометрическая степень сжатия, что лишает их саморегулирования по давлению внутреннего сжатия; значительное обратное перетекание хладагента в машинах малой производительности, что снижает энергетическую эффективность винтовых компрессоров по сравнению с поршневыми одинаковой производительности.

2.4.2. Конденсатор

Конденсатор — теплообменный аппарат, служащий для сжижения паров хладагента путем их охлаждения. Конденсаторы паровых холодильных машин обеспечивают охлаждение перегретых паров хладагента, а затем их конденсацию. Конденсация происходит при высоких давлениях хладагента. В машинах многоступенчатого сжатия в конденсаторе, кроме того, производят промежуточное охлаждение паров хладагента. В ряде случаев в систему конденсатора включают переохлаждение жидкого хладагента перед дроссельным вентилем.

По виду охлаждающей среды конденсаторы выпускают с водяным и воздушным охлаждением. Воздушное охлаждение может быть естественное и принудительное. Конденсаторы с естественным движением воздуха имеют вертикально расположенные плоские змеевики из медных или стальных оребренных труб. Естественное воздушное охлаждение применяется только в холодильных машинах бытовых электрохолодильников (*рис.18*).



Рис.18. Компрессорно-конденсаторный агрегат бытового холодильника

Во многих холодильных машинах используют *конденсаторы воздушного охлаждения* трубного или змеевикового типа с принудительным движением охлаждающего воздуха в межтрубном пространстве (рис.19). Поверхность теплообмена в таких конденсаторах образуют трубки малого диаметра с развитым наружным оребрением. Ребра могут быть круглыми или спиральными, а также листовыми в виде сплошных прямоугольных пластин. Степень оребрения труб конденсатора, т.е. отношение площади оребренной поверхности теплоотдачи к поверхности труб, на которой выполнено оребрение, при спиральных или плоских ребрах может достигать до 20.

Трубы и ребра изготавливают из стали, алюминия, меди, латуни. Ребра выполняют накаткой или плотной насадкой с последующей припайкой. Для уменьшения коррозии стальные трубы и их ребра оцинковывают.

Конденсаторы с принудительным движением воздуха состоят из двух основных частей:

- теплообменной секции;
- вентиляторно-диффузорной секции.

Теплообмен в этих конденсаторах происходит интенсивнее, но работа сопровождается шумом вентилятора (вентиляторов).



Рис.19. Конденсаторы воздушного охлаждения с принудительным движением воздуха

Конденсаторы с водяным охлаждением бывают кожухотрубные или кожухотрубные. Кроме этого, используются двухтрубные конденсаторы.

Кожухотрубный конденсатор. Конденсатор этого типа используется в установках, где в качестве охлаждающей среды применяется вода (рис.20). Он представляет собой горизонтальный цилиндрический сосуд с приваренными внутри плоскими трубными плитами, в которых закрепляются концы труб. К трубным плитам с помощью болтов приворачиваются торцевые крышки.

Хладагент двигаясь внутри цилиндрического сосуда отдает тепло конденсации охлаждающей воде, которая течет по трубам. Торцевые крышки разделены при помощи ребер на секции. Эти секции действуют как поворотные камеры, которые заставляют воду циркулировать через конденсатор несколько раз. Как правило, пройдя через конденсатор, вода нагревается на 5—10°C.

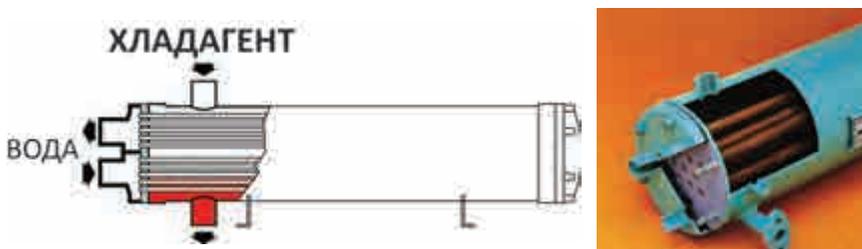


Рис.20. Кожухотрубный конденсатор

В двухтрубных конденсаторах (рис.21) парообразный хладагент поступает в межтрубное пространство и двигаясь вниз сжимается. Вода подаётся во внутреннюю трубу противотоком к хладагенту.

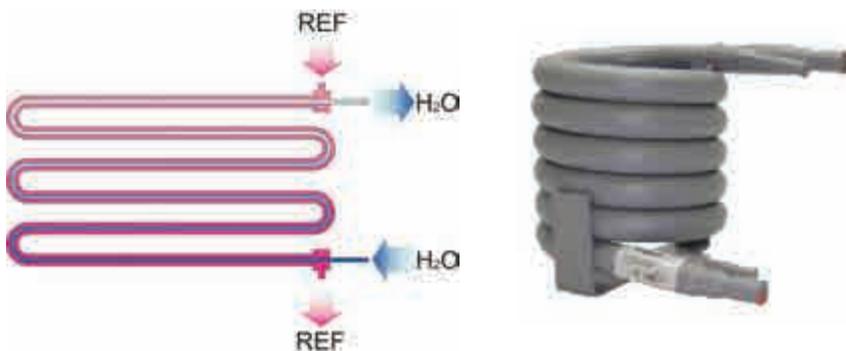


Рис.21. Двухтрубный конденсатор

В случае, когда желательно или необходимо уменьшить количество охлаждающей воды, используется, так называемый, *испарительный конденсатор* (рис.22). Он состоит из корпуса, в котором находятся конденсирующий теплообменник, разбрызгивающие трубы, отклоняющие пластины и вентиляторы.

Пары хладагента поступают в верхнюю часть теплообменника, конденсируются там и выходят снизу в виде жидкости.

В верхней части конденсатора находятся разбрызгивающие трубы, которые подают воду на поверхность теплообменника. Вентиляторы пропускают через теплообменник сильный поток воздуха. В потоке воздуха часть воды, находящейся на поверхности теплообменника, испаряется, забирая при этом тепло у паров хладагента и заставляя его конденсироваться.

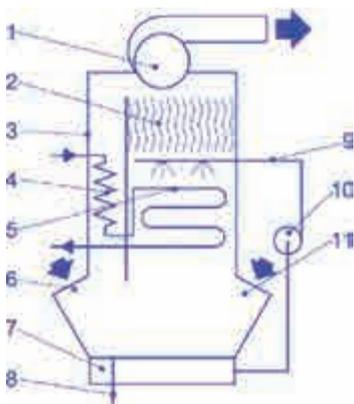


Рис.22. Испарительный конденсатор

1 – вентилятор; 2 – отклоняющие пластины; 3 – наружная теплоизоляция; 4 – устройства снижения перегрева; 5 – трубопроводы конденсирующего теплообменника; 6, 11 – воздухозаборник; 7 – поддон; 8 – переливная труба; 9 – разбрызгивающая труба; 10 – насос для циркуляции воды;

2.4.3. Испаритель

В зависимости от назначения холодильной установки, на *испаритель* накладываются различные требования, поэтому типы испарителей чрезвычайно разнообразны.

Испарители с естественной циркуляцией воздуха используются все меньше и меньше ввиду незначительного коэффициента теплоотдачи от воздуха к трубам испарителя. Более ранние модели испарителей оснащались простыми трубами, сейчас, в основном, используются оребренные испарители или испарители с ребристыми трубами.

Производительность испарителя сильно увеличивается при использовании вынужденной циркуляции воздуха. С увеличением скорости воздуха интенсивность передачи тепла от воздуха к трубам испарителя увеличивается и для получения заданной холодопроизводительности можно использовать испаритель с меньшей площадью поверхности, чем при естественной циркуляции воздуха.

Для интенсивного охлаждения воздуха (с помощью секций батарей и вентиляторов) используются воздухоохладители (рис.25).

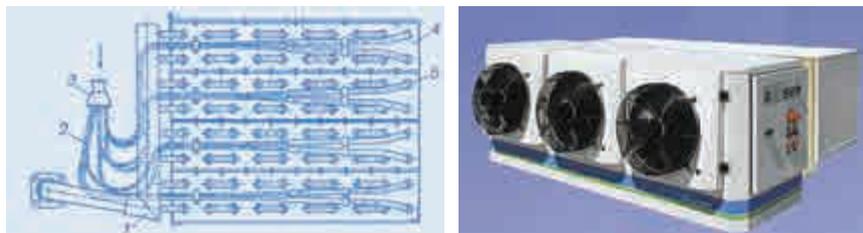


Рис.25. Испаритель – воздухоохладитель

1- паровой коллектор, 2- трубки жидкостного коллектора, распределитель (коллектор) жидкости, 4- корпус, теплообменные трубки.

Для охлаждения жидкости используются жидкостные испарители. Простейший способ охладить жидкость — погрузить трубчатый теплообменник-испаритель в открытый резервуар с жидкостью. В последнее время все больше используются закрытые системы. Здесь используются охладители, аналогичные по конструкции кожухотрубным конденсаторам.

В центральных системах кондиционирования воздуха широко используются кожухотрубные испарители для охлаждения воды

(рис.26). Для охлаждения вода подаётся в межтрубное пространство аппарата, а хладагент кипит внутри труб.

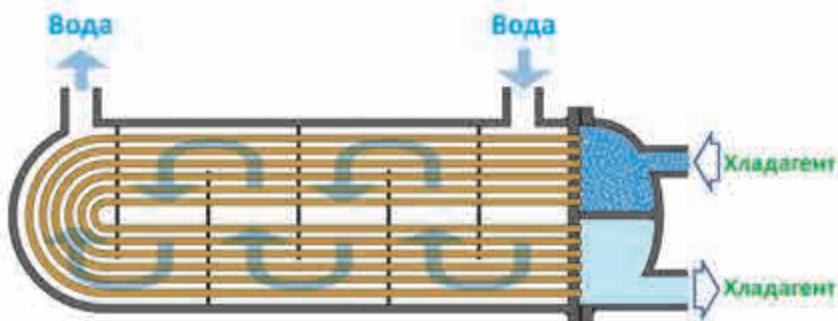


Рис.26. Испаритель для охлаждения воды

Для интенсификации теплообмена в этих аппаратах трубы изготавливаются в различных формах, отличающихся от гладкотрубных. Специальные формы и насадки способствуют завихрению потока жидкости и газа, тем самым увеличивают коэффициент теплоотдачи (рис.27).

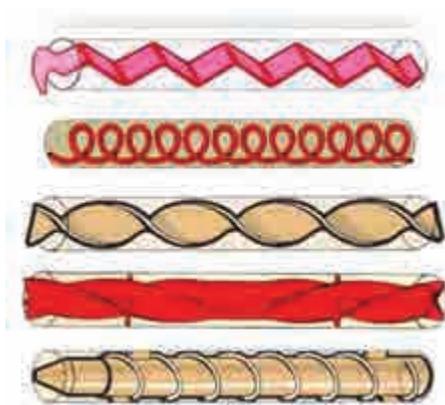


Рис.27. Специальные трубы испарителей

2.4.4. Дроссельно-регулирующий орган

Основной целью дроссельно-регулирующего органа является обеспечение достаточного перепада давления между сторонами высокого и низкого давления установки. Наиболее простым способом

это достигается при помощи капиллярной трубки (рис.28), установленной между конденсатором и испарителем. Однако капиллярные трубки применяют только в небольших и простых установках типа домашнего холодильника, поскольку они не могут регулировать количество жидкости, подаваемой в испаритель.



Рис.28. Капиллярная трубка

С этой задачей способен справиться только терморегулирующий вентиль (ТРВ), который состоит из собственно вентиля (с регулируемым дроссельным устройством), капиллярной трубки и термобаллона наполненного парами хладагента (рис.29).



Рис.29. Разрез ТРВ

Вентиль устанавливается в линию жидкости, а термобаллон крепится на выходном трубопроводе испарителя (рис.30).

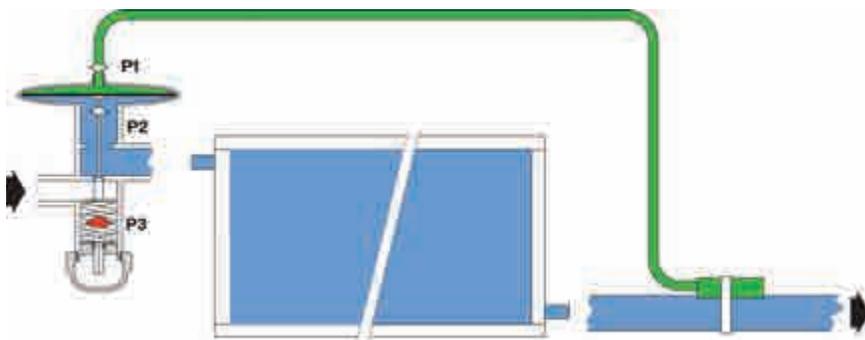


Рис.30. Установка ТРВ

Терморегулирующий вентиль обеспечивает равномерное поступление хладагента в испаритель, распыляет жидкий хладагент, и тем самым понижает его давление конденсации до давления испарения.

От правильной регулировки терморегулирующего вентилей во многом зависит экономичность работы холодильной машины. Избыток жидкого хладагента в испарителе может привести к возникновению гидравлического удара вследствие влажного хода, при всасывании жидкого хладагента компрессором. При недостаточном заполнении испарителя жидкостью часть поверхности его не используется, что ведет к нарушению нормального режима работы машины и понижению температуры испарения хладагента.

Степень открытия вентилей определяется:

- давлением паров газа, создаваемым в термобаллоне и действующим на верхнюю поверхность мембраны,
- давлением под мембраной, которое равно давлению испарения,
- силой натяжения пружины, действующей на мембрану снизу.

При нормальной работе установки на некотором расстоянии от входа в испаритель кипение прекращается. Насыщенный пар, проходя через оставшуюся часть испарителя, перегревается. Температура термобаллона, таким образом, будет равна температуре испарения хладагента плюс величина перегрева пара; например, при температуре испарения, равной минус 10⁰С, температура термобаллона может быть равна 0⁰С.

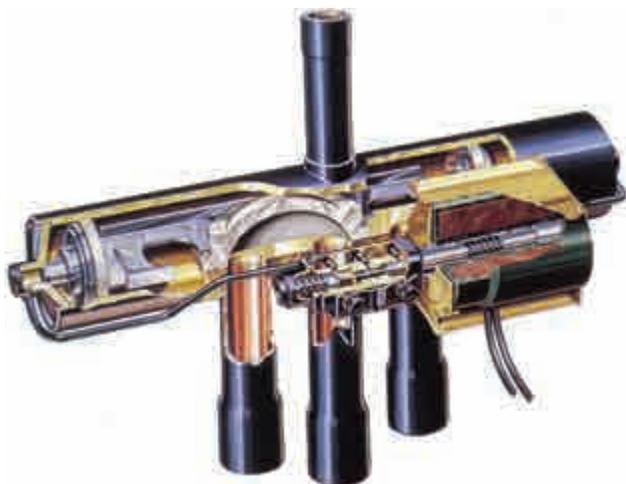
Если в испаритель поступает небольшое количество хладагента, пар будет перегреваться сильнее и температура трубопровода на выходе из испарителя будет расти. Также будет расти и температура термобаллона, а с ней и давление пара в термобаллоне, так как при повышении температуры интенсивность испарения наполнителя увеличивается. При повышении давления мембрана опускается вниз, клапан открывается и в испаритель поступает большее количество жидкости. Соответственно, при уменьшении температуры термобаллона степень открытия клапана уменьшается.

Терморегулирующие клапаны выпускаются в различных модификациях и, конечно, существуют клапаны других типов, но более подробные объяснения только приведут к ненужным усложнениям.

2.4.5. Четырехходовой клапан

Четырехходовой реверсивный клапан предназначен для изменения направления движения хладагента в кондиционерах.

Во время работы в режиме «охлаждение» газ с высокой температурой и давлением поступает во внешний теплообменник через клапан. Во время работы в режиме «нагрев» клапан направляет газ с высокой температурой и давлением во внутренний теплообменник. Этот клапан состоит из основного и распределительного клапанов (рис.31).



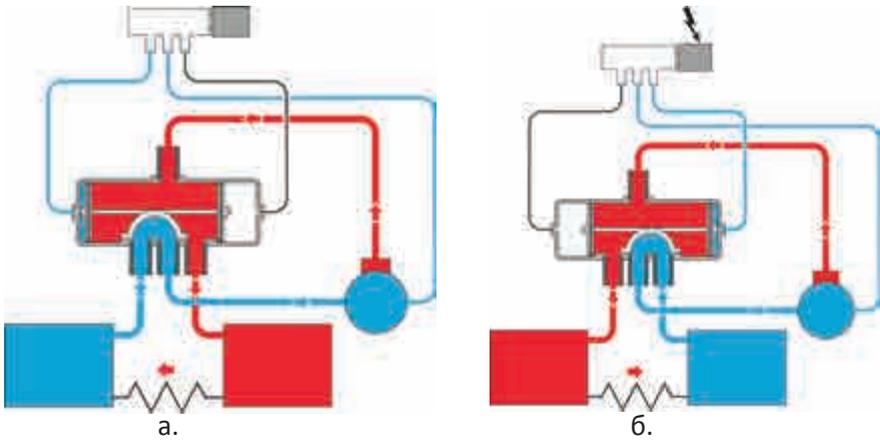


Рис.31. Работа четырёхходового клапана:
 а – в режиме охлаждения; б – в режиме обогрева.

2.4.6. Ресивер

Ресивер — резервуар, служащий для сбора жидкого хладагента с целью обеспечения его равномерного поступления к терморегулирующему вентилю и в испаритель (рис.32). В малых фреоновых машинах ресивер предназначен и для сбора хладагента во время ремонта машины.

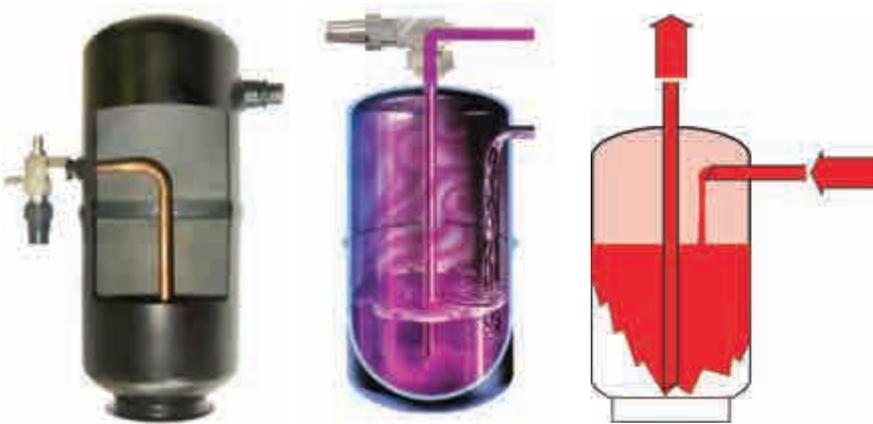


Рис.32. Ресивер холодильной машины

2.4.7. Фильтр

Фильтр состоит из медных или латунных сеток и суконных прокладок. Он служит для очистки системы и хладагента от механических загрязнений, образовавшихся в результате недостаточной очистки их при изготовлении монтаже и ремонте. Фильтры бывают жидкостные и паровые. Жидкостный фильтр устанавливается после ресивера перед терморегулирующим вентилем, паровой — на всасывающей линии компрессора.

В холодильных установках фильтр жидкостной линии комплектуется осушителем (веществом, поглощающим влагу). Обычно осушитель находится внутри корпуса фильтра (рис.33). Жидкостной фильтр устанавливается на жидкостную линию системы и служит для удаления влаги из хладагента холодильной установки. Во всасывающей полости компрессора устанавливается фильтр, в виде стаканчика из латунной сетки, для предотвращения попадания ржавчины и механических частиц в цилиндры малых холодильных машин.



Рис.33. Фильтр – осушитель

ГЛАВА 3. АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ХЛАДАГЕНТЫ

3.1. Рабочие вещества холодильных машин

Рабочее вещество холодильной машины - холодильный агент (хладагент) изменяет свое агрегатное состояние в различных частях холодильного контура.

В качестве первого хладагента использовалась вода, поскольку с 1755 г. она служила «для получения фригорий (отрицательных калорий)» в лабораторной установке, которую создал William Gullen. Позднее в 1834 г., американец Jacob Perkins изготовил компрессионную машину, работавшую на диэтиловом эфире, а в 1844 г. тоже американец John Gorrie — машину со сжатием и расширением воздуха. В 1859 г. француз Ferdinand Carre соорудил абсорбционную холодильную машину на аммиаке, а четыре года спустя Charles запустил компрессор, работающий на метиловом эфире. До конца XIX в. использовались еще два новых хладагента: углекислый газ (CO_2) и двуокись серы (SO_2).

Основные требования, предъявляемые к хладагентам в настоящее время:

- отсутствие вредного воздействия на окружающую среду;
- пожаровзрывобезопасность и не токсичность;
- низкая температура кипения при атмосферном давлении
- невысокие давления конденсации;
- высокие удельные показатели перехода жидкость — газ;
- невысокий удельный объем в газообразной фазе;
- умеренные температуры в режиме сжатия в компрессоре с тем, чтобы избежать сгорания смазывающего масла;
- низкие показатели удельной теплоемкости в жидкой фазе;
- умеренные закупочные цены и достаточный объем производства (быть доступными).

До подписания Монреальского протокола свойства хладагентов описывались небольшим количеством параметров. С тех пор к ним добавились характеристики, касающиеся воздействия на окружающую среду, которые выдвинулись на первый план, а также параметры зеотропных и азеотропных смесей и сверхкритических процессов.

Обозначение хладагентов.

Для обозначения хладагентов используют как общие названия, применяемые в органической химии, так и специальные. В соответствии с международным стандартом ИСО-817 «Органические хладагенты, допускается несколько обозначений: условное, торговое, химическое и химическая формула.

Условное обозначение хладагентов является предпочтительным и состоит из буквы «R» (Refrigerant) и числа. Цифры связаны со структурой молекулы хладагента и расшифровываются следующим образом. Последняя цифра равна числу атомов фтора в молекуле, предпоследняя – числу атомов водорода плюс единица, третья справа – число атомов углерода минус единица. Для производных метана она равна нулю и ее принято опускать. Производные метана (CH_4) обозначаются с помощью двухзначных чисел (например, R-12 - CCl_2F_2 , R-22- CHClF_2), производные этана, пропана, бутана – с помощью трехзначных (R-143- $\text{C}_2\text{H}_3\text{F}_3$). В бромсодержащих хладагентах к числовому обозначению добавляют букву В и цифру, равную числу атомов брома в молекуле. Например, R-13B1- CF_3Br . Начиная с галогенопроизводных этана, появляются изомеры. Симметричный изомер изображается только комбинацией цифр. По мере возрастания асимметрии к цифровой комбинации соответствующего изомера добавляют букву «а», при большей асимметрии ее заменяют буквой «в». Например, R-134-(CHF_2 - CHF_2) R-134a-($\text{CF}_3\text{CH}_2\text{F}$).

Хладагенты неорганического происхождения имеют номера, соответствующие их молекулярной массе плюс 700. Например, аммиак (NH_3) обозначают как R-717, воду (H_2O) - как R-718, двуокись углерода (CO_2) – как R-744.

Хладагентам органического происхождения присвоена серия 600, например, изобутан R-600a, а номер каждого хладагента внутри этой серии обозначают произвольно.

R-502

Азеотропные смеси, т.е. смеси, которые кипят и конденсируются при постоянной температуре как однородные вещества, имеют серию 500 с нумерацией внутри нее, например, R-502.

Зеотропным или неазеотропным смесям, у которых температуры кипения и конденсации изменяются в условиях постоянного давления, присвоена серия R-400 с произвольным номером для каждого хладагента внутри нее, например, R-401A. В расшифровке этого условного обозначения указываются виды хладагентов, входящих в

смесь, и их процентное содержание в смеси, например, R-401A-R-22/R-152A/R-124 (53/13/34%). Хладагенты в обозначении располагаются в порядке повышения нормальных температур кипения.

В последнее время все чаще букву R заменяют аббревиатурой группы, указывающей на степень ее воздействия на озоновый слой:

ХФУ (CFC) - хлорфторуглероды, хладагенты, имеющие высокий потенциал разрушения озонового слоя атмосферы:

ГХФУ (HCFC) - гидрохлорфторуглероды, хладагенты, имеющие низкий потенциал разрушения озонового слоя атмосферы

ГФУ (HFC) – гидрофторуглероды, озонобезопасные хладагенты.

Кроме того, каждый производитель хладагентов выпускает в продажу свою продукцию под собственным названием. Например, SUVA, KLEA и т. д.

Характеристики основных хладагентов

В таблице 1 приведены характеристики основных хладагентов.

Таблица 1.

Хладагенты	Состав компонентов	ОРС ~R-11	ПГП ~CO ₂ =1	Нормальная температура кипения	Точка кипения, не изотермичность	Альтернативы
R-11		1	4000	23.8		
R-12		1	8500	-29.8		
R-123		0.015	93	27.9		R-11
R-125		0	3200	-48.6		
R-134a		0	1300	-26.2		R-12
R-143a		0	4400	-47.2		
R-152a		0	450	-24.0		
R-218		0	7000	-36.7		
R-22		0.055	1700	-40.8		
R-23		0	12100	-82.1		R-13
R-32		0	580	-51.7		
R-401A	22/152a/124 (53/13/34%)	0.037	1100	-33.1	-27.0	R-12
R-401B	22/152a/124 (61/11/28%)	0.04	1200	-35.5	Скольжения 4.8К	R12

Хладагенты	Состав компонентов	ОРС ~R-11	ПГП ~CO ₂ =1	Нормальная температура кипения	Точка кипения, не изотермичность	Альтернативы
R-402A	22/Пропан/125 (38/2/60%)	0.021	2600	-49.3	-48.6	R-502
R-402B	22/Пропан/125 (60/2/38%)	0.033	3200	-47.4		R-502
R-403A	22/218/Пропан (75/20/5%)	0.041	2700	-48.0		R-502
R-403B	22/218/Пропан (56.39.5%)	0.031	3700	-50.2	Скольжения 1.2К	R-502
R-404A	125/134a/143a (44/4/52%)	0	3800	-46.5	Скольжения 0.5К	R-502
R-407A	32/125/134a (20/40/40%)	0	1900	-45.8		R-502
R-407B	32/125/134a (10/70/20%)	0	2600	-47.6		R-502
R-407C	32/125/134a (23/25/52%)	0	1600	-44.3		R-22
R-407D	32/125/134a (15/15/70%)	0	1430	-39.8		R-12
R-408A	22/125/143a (47/7/46%)	0.026	3100	-44.5	Скольжения 0.5К	R-502
R-409A	22/124/142b (6/79/15%)	0.048	1400	-34.2		R-12
R-410A	32/125 (50/50%)	0	1900	-52.5	Скольжения 0.2К	R-22
R-412A	22//218/142b (70/5/25%)					
R-413A	218/134a/500a (9/88/3%)	0		-35.0	-28.1	R-12
R-416A	124/134a/600 (39.5/59/1.5%)					
R-417A	125/134a/600 (39.5/59/1.5%)	0				R-22
R-502	22/115 (48.8/51.2%)	0.33	7500	-45.4		
R-507	125/143a (50/50%)	0.93	3800	-47.2		R-502

Хладагенты	Состав компонентов	ОРС ~R-11	ПГП ~CO ₂ =1	Нормальная температура кипения	Точка кипения, не изотермичность	Альтернативы
R-508A	23/116 (39/61%)		12300	-85.7		R-503
R-508B	23/116 (46/54%)		12200	-86.9		R-503
R-509	22/218 (44/56%)					
ISCEON 89	125/290/218 (86/5/9%)	0				R-13B1
CARE 10	600a	0				R-12
CARE 30	600a/290 (50/50)	0				R-12
CARE 40	290	0				R-12
R-290	Пропан	0		-42.1		
R-600	Бутан	0		-0.5		
R-600a	Изобутан	0		-11.8		
R-717	Аммиак (NH ₃)	0		-33.3		
R-718	Вода	0		100		
R-744	Двуокиси углерода (CO ₂)	0		-78.4		
R-1270	Пропилен	0		-47.7		

ОРС – озоноразрушающая способность; ПГП – потенциал глобального потепления.

3.2. Основные свойства и экологические показатели хладагентов для парокомпрессионных холодильных машин

Хладагент **R-134a** (рис.32) был первым всесторонне проверенным не содержащим хлор HFC хладагентом (ODP = 0). В настоящее время он демонстрирует хорошие результаты использования во многих холодильных установках и системах кондиционирования во всем мире. Помимо применения в чистом виде R-134a используется также как компонент множества смесей.



Рис.32. Хладагент R-134a

R-134a обладает аналогичными с R-12 термодинамическими свойствами:

- удельная холодопроизводительность и потребляемая мощность, а также термодинамические свойства и уровни давлений сопоставимы, по меньшей мере, для систем кондиционирования и среднетемпературных холодильных установок. Поэтому R-134a может использоваться как заменитель R-12 в большинстве случаев применения.

В некоторых установках даже предпочтительнее заменять R-22 на R-134a, причиной чего являются ограничения на использование R-22 в новых установках. Однако более низкая удельная холодопроизводительность R-134a требует применения компрессора большей объёмной производительности, чем R-22. Необходимо также принимать во внимание ограничения, имеющие место в установках с низкой температурой испарения.

Всесторонние испытания показали, что производительность R-134a превышает теоретические прогнозы в широком диапазоне режимов работы компрессоров. Уровни температур нагнетания и масла даже ниже, чем у R-12 и, следовательно, существенно ниже, чем у R-22. Таким образом, существует большое количество потенциальных применений его в системах кондиционирования и среднетемпературных холодильных установках. В частности, экономичности применения благоприятствуют хорошие показатели теплопередачи в испарителях и конденсорах.

R-152a Весьма схож с R-134a по уровню удельной холодопроизводительности (прибл. - 5%), уровней давления (прибл.-10%) и энергетической эффективности. Массовый расход, плотность паров и, следовательно, перепад давлений, даже лучше (прибл. - 40%).

До настоящего времени R-152a долгое время применялся в качестве компонента смесевых хладагентов, но не как однокомпонентный хладагент. Особенно благоприятным является его чрезвычайно низкий потенциал воздействия на глобальное потепление (GWP = 140; для сравнения у R-134a GWP = 1300). Это является основной причиной того, что R-152a уже в течение некоторого времени рассматривается как альтернативная замена R-134a в автомобильных кондиционерах воздуха. Известно, что для

транспортных агрегатов с компрессорами открытого типа и шланговыми соединениями в контуре хладоносителя характерен более высокий риск утечек, чем для стационарных систем, что представляет собой потенциальную опасность прямых выбросов хладагента, усугубляющих эффект глобального потепления.

Однако, как уже упоминалось выше, R-152a легко воспламеняем, из-за низкого содержания фтора, и классифицируется по категории опасности A2. В результате, из-за повышенных требований безопасности необходим, наряду с соответствующим анализом риска, индивидуальный подход к конструкторским решениям и мерам безопасности.

Недостатком в случае более высокой степени сжатия является сравнительно высокая температура нагнетания в компрессоре, лежащая между уровнями температур для R-134a и R-22, известного своей высокой тепловой нагрузкой. Это представляет, с учетом требования химической стабильности контура и смазочных материалов, дополнительную трудность при экстремальных условиях эксплуатации в автомобильных агрегатах кондиционирования воздуха.

R-125, R-143a и R-32 также относятся к хлор-несодержащим (ODP=0) альтернативным хладагентам, несмотря на то, что два последних агента относятся к легковоспламеняемым (категория опасности A2) и поэтому не могут являться прямыми заменителями хлорсодержащих хладагентов. Кроме того, R-32 характеризуется весьма высоким уровнем давления и температуры нагнетания.

R-125 является невоспламеняемым, температура его кипения $-48,5^{\circ}\text{C}$, а показатель адиабаты сравнительно низок. По крайней мере, с этой точки зрения он схож с ранее часто применявшимся R-502. Недостатками R-125 являются крутая кривая давления, требующая более высокой степени сжатия, и весьма низкая критическая температура 66°C . В связи с этим, область его применения в установках с конденсаторами с воздушным охлаждением ограничена, а эффективность использования энергии при высоких температурах конденсации относительно невелика.

По указанным причинам, вышеупомянутые хладагенты в чистом виде применяются лишь в исключительных случаях. С другой стороны, они хорошо сочетаются в смесях с такими добавками, как R-134a.

СУВА MP39 и СУВА MP66 (R-401A и R-401B) альтернативные сервисные хладагенты, разработанные для замены R-12 в большинстве

холодильных систем с умеренным температурным режимом, имеют незначительный озоноразрушающий потенциал (менее 4% от потенциала R-12).

Серия сервисных смесей СУВА МР представляет собой наиболее экономичное решение для проведения ретрофита холодильной системы, работающей на R-12. Состав этих смесей подбирался таким образом, чтобы наиболее точно соответствовать различным рабочим характеристикам исходной системы.

Выбор сервисной смеси зависит от температуры кипения R-12 в испарителе.

СУВА МР39 и СУВА МР66 (R-401A и R-401B) эффективна в системах, работающих при температуре кипения -20°C и выше. От этих систем можно ожидать холодопроизводительности такой же, как и на R-12, а в ряде случаев и большей: - увеличение до 10 %. КПД системы при переходе на СУВА МР39 и СУВА МР66 (R-401A и R-401B) также несколько повышается, СУВА МР39 и СУВА МР66 (R-401A и R-401B) можно использовать в малых холодильных камерах, прилавках-витринах для продуктовых магазинов, бытовых холодильниках.

R-407C является предпочтительным заменителем R-22 в системах кондиционирования воздуха, а также (с определенными ограничениями) для среднетемпературных холодильных установок.

При низкотемпературном охлаждении следует ожидать существенного падения холодопроизводительности и холодильного коэффициента (COP) вследствие высокого содержания R-134a. Существует также опасность повышения концентрации R-134a в смеси в испарителях, с последующим снижением холодопроизводительности и неправильной работой расширительного клапана (например, недостаточным перегревом всасываемого газа).

Кроме R-407C, имеется почти азеотропная смесь, предлагаемая под наименованием **R-410A**. Она применяется, главным образом в установках кондиционирования воздуха.

Существенной особенностью является удельная холодопроизводительность почти на 50% выше (рис.23), чем у R-22, но, вследствие этого, с пропорциональным повышением рабочих давлений в системе.

Исследования показывают предпочтительное энергопотребление при использовании при низких температурах конденсации, что дает неплохое снижение TEWI ($\text{GWP}_{100} = 1720$). Преимуществом являются также высокие коэффициенты теплопередачи (определенные

при испытаниях) в испарителе и конденсаторе, что представляет собой потенциал для дальнейшего повышения эффективности. Ввиду незначительного температурного скольжения ($< 0,2$ К), практическая применимость смеси представляется аналогичной однокомпонентным хладагентам.

Применяя ГФУ-хладагенты, в Европе уже сегодня считают, что это технологии временного (переходного) характера. Правительства ряда стран Европы призывают запретить ГФУ-хладагенты уже в ближайшее десятилетие.

Это способствовало разработке и созданию синтетических, озонобезопасных и обладающих низким ПГП хладагентов – *гидрофторолефинов (ГФО)*. Эти новые фторсодержащие соединения представляют самостоятельный класс продуктов, отличающихся от ГФУ природой самой молекулы и относительно короткой жизнью в атмосфере.

К их числу относятся **ГФО 1234yf** новый хладагент, с низким ПГП (ПГП меньше 1), который предлагается в качестве альтернативы R-134a в первую очередь в автомобильных кондиционерах. ГФО 1234yf – это чистый однокомпонентный хладагент, обладающий высоким уровнем энергоэффективности и низким уровнем токсичности, который может быть использован в системах, предназначенных для R-134a при минимальной доработке, так как обладает сходными термодинамическими свойствами. К недостаткам этого хладагента следует отнести воспламеняемость и выделение вредных веществ при горении.

ГФО 1234ze другой чистый однокомпонентный хладагент, производство которого тоже уже начато, также обладает высокой энергоэффективностью и низким ПГП = 1, а продолжительность жизни в атмосфере составляет всего лишь 18 дней. Испытания чиллеров, разработанных с использованием этого хладагента показали снижение энергопотребления на 3-5% по сравнению с чиллерами на R-134a.

Аммиак R-717 (NH₃) в течение более чем одного столетия применялся в промышленных и крупных холодильных установках. У него нет озоноразрушающего потенциала и прямого потенциала воздействия на глобальное потепление. Его эффективность по крайней мере не меньше, чем у R-22, а в некоторых применениях даже лучше; поэтому его косвенный вклад в эффект глобального потепления мал. Кроме того, его стоимость несравненно ниже. Резюмируя, можно задаться вопросом: является ли он идеальным хладагентом

и оптимальной заменой для R-22 или альтернативой гидрофторуглеводам? Несомненно, NH_3 обладает многими положительными качествами, которые можно использовать также и в крупных холодильных установках. К сожалению, имеют место и отрицательные черты, ограничивающие широкое коммерческое использование аммиака или требующие применения затратных, а иногда и новых технических решений.

Недостатком NH_3 является высокий адиабатический показатель ($\text{NH}_3 = 1,31 / \text{R-22} = 1,18 / \text{R-12} = 1,14$), что отражается на температуре нагнетания, которая существенно выше, даже чем у R-22. Поэтому одноступенчатое сжатие уже невозможно при работе с температурой испарения примерно в 10°C и ниже. Следует применять двухступенчатое сжатие.

Проблемой при подборе подходящих масел является также и неудовлетворительная их растворимость в хладагенте в небольших установках в некоторых применениях. Ранее применявшиеся масла не растворялись в хладагенте. Они требуют отделения с помощью изощренной технологии и серьезно ограничивают применение испарителей прямого расширения из-за ухудшения качества при теплопереносе.

Из-за высоких температур нагнетания особые требования предъявляются к термостабильности смазок. Это особенно критично для автоматической работы, когда масло годами должно оставаться в контуре без ухудшения своих свойств.

NH_3 обладает чрезвычайно высокой разностью энтальпии при фазовых переходах и в результате сравнительно малым массовым расходом при циркуляции (примерно от 13 до 15% по сравнению с R-22). Это свойство считается преимуществом для крупных установок, но усложняет регулировку впрыска хладагента на маломощных установках. Следующим критерием, который должен быть рассмотрен, является коррозионное воздействие на медьсодержащие материалы; поэтому трубопроводы должны быть изготовлены из стали. Помехой является также требование: - устойчивости обмоток электродвигателей к аммиаку. Еще одной трудностью является электропроводность хладагента NH_3 при повышенном влагосодержании.

К другим отрицательным чертам можно отнести токсичность и легковоспламеняемость, требующие особых мер безопасности при сооружении и эксплуатации таких установок.

R-290 (пропан). Поскольку это органическое вещество (углеводород), он не обладает озоноразрушающим потенциалом, а также сколько-нибудь существенным прямым воздействием на глобальное потепление. Следует принимать во внимание, однако, определенный вклад в образование летнего смога.

Уровни давления и удельная холодопроизводительность аналогичны R-22/R-502, а температурная характеристика столь же благоприятна, как и у R-12 и R-502. Каких-либо частных проблем с материалами не существует. В отличие от аммиака применимы также и медные материалы, поэтому возможно его использование с герметичными и полугерметичными компрессорами. В широком диапазоне эксплуатации применимы минеральные масла, обычно используемые в системах на CFC (ХФУ).

Холодильные установки на R-290 уже долгое время используются во всем мире, главным образом в промышленной области - это проверенный хладагент. Пропан (R-290) применяется также в небольших компактных системах с малым объемом хладагента, таких как бытовые кондиционеры и тепловые насосы. Наблюдается также растущее применение его в коммерческих холодильных системах и холодильниках.

Пропан также используется в виде смеси с изобутаном (R-600a) или этаном (R-170). Чистый изобутан предназначен главным образом как заменитель R-12 в малых установках (предпочтительно домашних холодильниках).

Недостатком углеводородов является легковоспламеняемость. При обычном объеме хладагента, используемом в коммерческих установках, это означает, что эти системы должны проектироваться согласно правилам пожаро-взрывобезопасности.

R-744 (CO₂) у него нет озоноразрушающего потенциала, незначителен прямой потенциал воздействия на глобальное потепление (GWP = 1), он химически инертен, негорюч и нетоксичен в классическом понимании. Однако следует учесть более низкое по сравнению с гидрофторуглеродами предельно-допустимое содержание его в воздухе. Для замкнутых помещений это может потребовать применения специальных систем безопасности и слежения.

R-744 (CO₂) дешевый и нет необходимости в его восстановлении и утилизации. Кроме того, он обладает очень высокой удельной холодопроизводительностью, примерно в 5-8 раз превышающий в этом отношении R-22 и NH₃.

Важной причиной его первоначальной широкой распространенности явились, прежде всего, его существенные для безопасности свойства. После введения положения “Безопасные хладагенты” CO_2 стал менее популярен и после пятидесятих годов практически исчез с рынка.

Основными причинами этого являются относительно неблагоприятные, для обычных применений в холодильных и кондиционирующих установках, термодинамические характеристики. Давление нагнетания CO_2 чрезвычайно высокое, а критическая температура в 31°C (при 74 бар) слишком низкое. В зависимости от температуры источника тепла на стороне высокого давления требуется работа в сверхкритическом режиме при давлениях выше 100 бар. Кроме того, энергетическая эффективность часто ниже по сравнению с классическим процессом сжатия паров (с конденсацией), и поэтому соответственно выше косвенное воздействие на процесс глобального потепления.

Чрезвычайно высокая удельная холодопроизводительность CO_2 (скрытая теплота фазовых переходов) определяет очень малый массовый расход этого хладагента. Это позволяет применять трубопроводы малого сечения, а также минимизировать потребляемую мощность циркуляционных насосов.

Вместо R-12 и R-134a в Германии в 90-х годах стали применять природный газ изобутан, совместимый с минеральными маслами. Этот хладагент получил условное сокращенное международное обозначение **R-600a**. Он не разрушает озон и не вызывает парниковый эффект, и поэтому получает все большее признание.

По сравнению с ГФУ углеводородные хладагенты в целом требуют конструктивных мероприятий по уменьшению количества заправки в холодильную систему, приблизительно 0.10 - 0.15 кг/кВт холодопроизводительности. Эти хладагенты смешиваются с минеральными маслами (синтетические смазки не требуются), работают при более низких температурах нагнетания компрессора и обладают лучшей теплопередающей способностью в теплообменных аппаратах из-за более благоприятных теплофизических свойств.

Главным образом негативные факторы применения углеводородных хладагентов в системах воздушного кондиционирования относятся к проблемам безопасности обращения с хладагентом, технологии монтажа оборудования и требованиям к квалификации и навыкам обслуживающего персонала. Возможно потребуется также

изменить конструкцию компрессоров, адаптируя их к другим физическим свойствам. Известно, что европейский и международный стандарты в целом ограничивают использование углеводородных хладагентов для применений, с уровнем заправки хладагента выше 1 кг. В системах с уровнями заправки хладагента 150 гр. и ниже текущие и будущие требования безопасности могут быть достаточно легко удовлетворены без чрезмерных затрат.

Для малых торговых морозильников R-600a является предпочтительным хладагентом из-за его малой нормы заправки, высокой производительности. Он технически и экономически оправдан приблизительно для 80 процентов рынка торговых автоматов.

ГЛАВА 4. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН И УСТАНОВОК

4.1. Влияние примесей в хладагенте на работу холодильной машины

Влага и кислота.

Влага является причиной некоторых серьезных эксплуатационных проблем в паровых компрессионных системах, поэтому понимание основ этих проблем необходимо. В целом влага может быть «видимой» и «невидимой». «Видимая» влага характеризуется высокой концентрацией воды, имеет жидкую форму и видима. Иногда в системах обнаруживается вода, но такие случаи довольно редки. «Невидимая» влага характеризуется низкой концентрацией воды и невидима (поскольку является паром). Такой вид влаги существует везде, во всех твердых и жидких веществах и газах. Её содержание в воздухе выражается в виде относительной влажности. Этот тип влаги обычно и является причиной возникновения проблем в холодильных установках. Влага попадает в холодильную систему легко, а удалить ее из системы очень трудно.

Влияние влаги в холодильной системе:

1. Влага внутри системы может «замерзнуть» и остановить поток хладагента. Обычно влага подхватывается потоком хладагента и может попасть в линию жидкости вблизи дроссельного устройства и замерзнуть, затрудняя или даже перекрывая весь поток.

При нагревании дроссельного устройства перекрывшего поток хладагента лед тает, и влага проходит через ТРВ и опять происходит охлаждение. Процесс «замерзания» в первую очередь зависит от количества воды и размера сформировавшихся частиц льда. Однако «замерзание» - не единственная проблема, вызываемая влагой.

2. Влага также может вызвать коррозию, что может создать серьезные проблемы, поскольку часто воздействие коррозии проявляется лишь тогда, когда вред уже нанесен. Например, только влага в составе хладагента может через некоторое время вызвать ржавчину.

3. Хладагенты, содержащие хлор, будут медленно осуществлять реакцию гидролиза и образовывать соляную кислоту. Эта кислота намного увеличивает коррозию металла. Тепло усиливает процесс коррозии, образующейся вследствие воздействия кислоты, поскольку при высоких температурах происходит ускорение процесса обра-

зования кислот. Эта кислота разрушает все соприкасающиеся с ней материалы, причем степень коррозии конкретных материалов зависит от их коррозионной стойкости. Например, сталь в целом подвержена коррозии при более низких уровнях влажности, чем медь или латунь.

4. Смазочные материалы, применяемые в холодильных системах, представляет еще одну проблему, вызванную влагой. Полиэфирные масла являются исключением из правила о том, что «вода и масло не смешиваются». Этот тип масла является гигроскопичным и, находясь в открытой атмосфере, будет быстро впитывать влагу.

Минеральные масла не смешиваются с водой в такой же мере, как полиэфирные масла. Вода, преобразованная в кислоту, эмульгируется со смазочными маслами, формируя смесь, состоящую из очень мелких шариков. Этот эффект называется «зашлаковывание» масла и значительно сокращает смазочную способность.

5. С эксплуатационной точки зрения коррозия становится опасной, когда металлическая поверхность разъедена коррозией, и образуется твердый, отделимый продукт под названием «шлам». Шлам существует в виде мутных шламовых жидкостей, мелких порошков, гранулированных или липких твердых частиц и вызывает множество проблем. Шлам забивает мелкую сетку фильтров, TPV и капиллярные трубки. И поскольку он обычно содержит кислоты, он вызывает коррозию всех соприкасающихся с ним материалов, повреждая их.

Для того чтобы не допустить проблем, создаваемых влагой, необходимо принимать меры и действия, которые обеспечат удаление влаги из системы. Наиболее эффективным методом устранения влаги из системы является вакуумирование холодильной системы. Рекомендуемый уровень откачки для удаления влаги составляет 1 мбар (100Па), который должен поддерживаться в течение 10 минут без применения вакуумного насоса. Кроме того, необходимо заменить фильтр-осушитель.

Симптомы наличия влаги в системе:

- холодильная система полностью разморозится. Затем, поскольку лед, который вызвал блокировку потока хладагента, исчез система опять будет нормально функционировать. Но только на некоторое время, пока в TPV или в капиллярной трубке опять не образуется лед.

- другой симптом: - понижение давления. Манометр показывает постоянное понижение давления в течение нескольких часов и даже до вакуума. Затем давление вдруг опять становится нормальным.

Этот противоестественный цикл будет повторяться.

Если во время выключения холодильной системы нагреть ТРВ, лед растает и после этого система станет работать нормально, а это является признаком попадания влаги в систему.

Неконденсирующиеся газы.

Все газы, кроме хладагента, которые часто обнаруживаются в холодильных установках и кондиционерах в основном являются неконденсирующимися. Эти газы проникают в герметичные системы следующим образом:

- неконденсирующиеся газы присутствуют уже в процессе сборки и остаются в установке вследствие недостаточной откачки;

- происходит выделение неконденсирующихся газов из различных материалов системы или же эти газы образуются в результате разложения газов при повышенной температуре во время эксплуатации установок;

- неконденсирующиеся газы проникают вследствие утечек через сторону низкого давления (ниже атмосферного);

- неконденсирующиеся газы образуются в результате химических реакций между хладагентами, смазочными и другими материалами.

Химически активные газы, например, хлористый водород, разрушают элементы холодильной системы и могут привести к выходу из строя холодильной установки.

Инертные (неактивные) химические газы, которые не сжижаются в конденсаторе, снижают холодопроизводительность. Присутствие этих газов вызывает повышенное давление конденсации и, в результате, повышенную температуру на выходе из компрессора. Высокая температура ускоряет нежелательные химические реакции.

Газы, обнаруживаемые в герметичных холодильных установках, включают азот, кислород, углекислый газ, угарный газ, метан и водород. Первые три из перечисленных газов попадают в результате неполной откачки воздуха или через сторону низкого давления. Углекислый и угарный газы обычно образуются при перегревании органических изоляционных материалов. Наличие водорода наблюдалось в случаях, когда компрессор значительно изношен. Лишь очень, малые количества этих газов были обнаружены в хорошо спроектированных и правильно функционирующих установках.

Масло в системе.

Для смазки компрессора холодильной системы применяются специальные масла. Тип масла, который используется в поставленном оборудовании, часто указывается в таблице данных и соответствует определенным условиям эксплуатации. При необходимости добавления масла, необходимо использовать тот же тип масла. Нельзя применять использованное масло, даже если оно очищено. Использованное масло впитывает влагу из воздуха, и вызывает коррозию в компрессоре. Масло должно храниться в закрытом воздухо-непроницаемом контейнере в сухом месте, и только сухие баллоны (контейнеры) могут быть использованы для наполнения.

В герметичных системах смазочное масло находится в постоянном контакте с обмоткой электрических двигателей. Поэтому масло должно обеспечивать хорошую совместимость с другими материалами и иметь высокую теплоустойчивость.

Хотя большинство смазочных веществ остаются в картере компрессора, небольшое количество будет циркулировать в остальной части холодильной цепи. Смазочные масла должны легко переносить и высокие температуры на нагнетательных клапанах компрессора, и низкие температуры в дроссельных устройствах.

Качественные смазочные масла должны обладать следующими свойствами:

1. *Низкое содержание парафина.* При отделении парафина от хладагентного масла могут закупориться отверстия регулятора хладагента.

2. *Высокая теплоустойчивость.* Вещество не должно образовывать твердые углеродистые отложения в горячих точках компрессора (таких, как клапаны или выпускные отверстия).

3. *Высокая химическая стойкость.* Химическая реакция с хладагентом или материалами в системах обычно должна быть либо незначительной, либо нулевой.

4. *Низкая температура застывания.* Способность масла оставаться в жидком состоянии при самой низкой температуре в системе.

5. *Низкая вязкость.* Способность смазочного масла сохранять смазочные качества при высоких температурах и высокую текучесть при низких температурах.

С тех пор, как появились новые озонобезопасные гидрофторуглеродные хладагенты (ГФУ), которые несовместимы с обыкновенными нефтяными минеральными маслами, производители масел рабо-

тают над разработкой новой серии смазочных масел, смешиваемых с ГФУ. Обыкновенные компрессорные смазочные материалы могут смешиваться с хладагентами ХФУ и ГХФУ, но не смешиваются с альтернативными озонобезопасными хладагентами ГФУ.

Применение обычных масел вместе с ГФУ 134а оказывает неблагоприятное воздействие на производительность холодильной установки. В этом случае, нерастворимое масло сгустками отделяется от хладагента в компрессоре, затрудняя, таким образом, поток, особенно через дроссельные устройства (капиллярные трубки или ТРВ), часто вызывая «распыление». Пройдя через дроссельное устройство, нерастворимое масло осядет на дне трубок испарителя, вызывая дальнейшее затруднение движению потока и передачи тепла.

В некоторых случаях недостаток возврата масла в компрессор может вызвать износ компонентов, а иногда и выход из строя в связи с недостаточной смазкой.

Производители смазочных материалов разработали целый ряд новых полиэфирных масел, которые были созданы синтетически с целью обеспечения смешиваемости масла с хладагентами ГФУ, особенно с хладагентом ГФУ 134а при различной температуре. Смазочные вещества были испытаны со многими хладагентами, и было определено, что они растворимы с большинством ХФУ, ГХФУ и ГФУ 134а.

Смазочные полиэфирные материалы являются более гигроскопичными, чем нефтяные минеральные масла. Они насыщаются от атмосферной влаги, для сравнения, минеральные масла насыщаются при приблизительно 100 ppm. Смазочные полиэфирные материалы значительно менее гигроскопичны, чем полиалкиленгликольные смазочные масла (первое поколение масел, разработанных для применения с ГФУ 134а), которые насыщаются при более 1% воды.

Загрязнение.

Необходимо подчеркнуть, что внутренняя часть холодильной системы всегда должна быть исключительно чистой. Загрязнение любого вида будет регулярно вызывать ее выход из строя с возможным постоянным повреждением внутренних металлических частей. На заводских производственных линиях всегда осуществляются меры по очистке, как например, кондиционирование помещения сборки, в то время как при установке на местах таких условий естественно нет. Возможное попадание воздуха и грязи через открытые концы

трубок, представляет собой серьезную опасность. Поэтому, на всех стадиях работы необходимо принимать тщательные меры по очистке (предотвращать попадание грязи и влаги в систему), во избежание расходов на ремонт.

Необходимо помнить, что современные системы более восприимчивы к повреждениям за счет загрязнения. Компрессоры выпускаются с меньшими допусками, чем до сих пор, увеличились скорости и рабочие температуры. Кроме того, с внедрением герметичных блоков с большей мощностью, обмотка двигателей также стала подвержена опасности загрязнения.

Опасность для системы также представляют частицы *грязи*, т. е. любые твердые частицы, проникающие в открытые трубы, клапаны и другие части системы. Опять же, эта опасность особенно высока при проведении ремонтных работ или при строительстве новых объектов. Пыль, собирающаяся на внешних поверхностях, служит свидетельством того, что это возможно также осело внутри системы, если не будут приняты все необходимые меры осторожности все эти загрязнения попадут внутрь системы и приведут к проблемам при эксплуатации или выходу из строя системы. Для предотвращения этой опасности, а также для предотвращения проникновения воздуха необходимо быстрое закупоривание открытых линий.

Другая опасность заключается в проникновении *инородных частиц* вследствие неаккуратности. Например, в медные трубки могут попасть частицы металла при прочистке концов труб перед развальцовкой. Необходимо применять меры безопасности для предотвращения таких случаев, либо путем продувки трубки инертным газом (например, азотом) или направлением конца трубки вниз, либо, где это применимо, путем закупоривания трубок чистым материалом. Другая возможность попадания инородных частиц заключается в проникновении избыточного паяльного припоя в трубки через швы стыков при пайке: - припой может затвердеть в подвижные частицы различного размера. Если это произойдет на всасывающей линии (стороне) компрессора, существует реальная опасность того, что эти частицы вызовут серьезные повреждения. В любом случае, приведёт к засорению фильтра.

В ходе пайки твердым припоем, внутри может произойти образование *окалины*, которая будет смещена со стенок трубки при прохождении хладагента, что опять может послужить причиной засорения. Во избежание этого, необходимо во время пайки в трубку

ввести порцию сухого азота без содержания кислорода, поскольку за счет этого удаляется кислород, и предотвращаются окалины. Даже при соблюдении всех мер предосторожности, рекомендуется вставлять тканевые фильтры во всасывающее отверстие компрессора для сбора всех возможных загрязняющих частиц до их попадания в компрессор. Эти фильтры не могут быть установлены для постоянного использования, поскольку они затрудняют движение хладагента, и поэтому должны быть удалены через день - два после запуска системы в работу. Количество собранных на фильтре загрязнений служит наглядным доказательством необходимости их применения.

4.2. Удаление примесей

Как отмечалось выше, наиболее эффективным методом устранения влаги и неконденсирующихся газов из холодильной системы является ее вакуумирование. В системе СИ давление выражается в кПа (кило Паскали). Обычное атмосферное давление равно 101,3 кПа. Давление ниже атмосферного называется вакуумом. Ноль на шкале абсолютного давления - это давление, которое невозможно больше понизить. Абсолютный вакуум равен 0 Па. Для измерения высокого вакуума (давления, близкого к абсолютному вакууму) чаще используется единица измерения Паскаль, чем кило Паскаль. При вакуумировании холодильной системы необходимо также знать и обеспечить соотношение абсолютного и манометрического давления. Для обозначения атмосферного давления манометры обычно калибро-

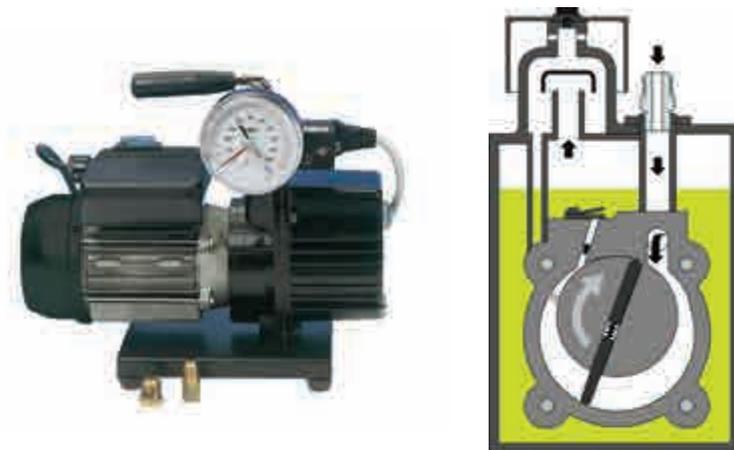


Рис.33-1. Вакуумный насос

ваны на ноль. Для правильной откачки системы необходим хороший вакуумный насос (рис.33-1).

Единица измерения Паскаль используются чаще, чем килопаскаль для измерения высокого вакуума (давления, близкого к абсолютному вакууму). При работе с вакуумированием системы на Ваших установках необходимо также понимать соотношение абсолютного и манометрического давления. Для обозначения атмосферного давления манометры обычно калиброваны на ноль.

Для правильной откачки системы необходим хороший вакуумный насос.

Длительность вакуумирования определяется размерами холодильного контура (иногда может достигать многих часов). При вакуумировании системы понадобится особый вакуумный манометр для контроля реального уровня вакуума в системе.

Манометрический коллектор со шлангами присоединяется к холодильной системе (предпочтительно с обеих сторон контура – стороны низкого и высокого давления) и вакуум насосу.

Глубину вакуума необходимо контролировать по вакуумметру. Абсолютное давление в контуре должно быть ниже давления насыщенного пара воды, соответствующего окружающей температуре. В таблице 2. приведены максимально допустимые величины абсолютного давления в контуре в зависимости от окружающей температуры.

Таблица 2. Соотношение «давление-температура» на линии насыщения для воды.

t	0	5	10	15	20	25	30	35
P	6,10	8,73	12,2	17,0	23,3	31,7	42,4	56,2
t	40	45	50	55	60	65	70	75
P	73,75	95,63	123,3	157,5	203,1	257,3	311,6	392,6
t	80	85	90	95	100	105	110	115
P	473,6	587,3	701,1	857,2	1013,3	1208	1432,7	1690,6

Обозначения: t = температура, °C

P = абсолютное давление, мбар

Пример: Если окружающая температура равна 20°C, то абсолютное давление в контуре должно упасть ниже 23,3 мбар, поскольку только при этом условии влага, находящаяся внутри контура в жидкой фазе, начнет испаряться и переходить в паровую фазу, что позволит удалить ее с помощью вакуумного насоса.

В том случае, если холодильная установка оборудована регуляторами давления, перед началом вакуумирования их необходимо открыть.

В следующих случаях всегда проводите вакуумирование системы:

При замене компрессора, конденсатора, фильтра-осушителя, испарителя и т.д.

Если в системе нет хладагента.

Если извлечённый из системы хладагент был загрязнен.

При заполнении смазочными маслами.

Последовательность действий при вакуумировании системы перед заполнением системы хладагентом.

1. Заполнить систему азотом (N_2) под давлением и провести проверку на наличие утечек, по истечению некоторого промежутка времени, проверить показания мановакуумметра на наличие отклонения.

2. При отсутствии утечек (или их устранения) произвести разрежение системы от азота. Подсоединить вакуумный насос к всасывающей и нагнетательной сторонам компрессора (рис.34.) при помощи (манометрического) эксплуатационного коллектора, открыть все вентили (клапаны), включая электромагнитный клапан. Включить вакуумный насос, подождать, пока не произойдет диффузия водяного пара и воздуха.

3. После достижения удовлетворительного уровня вакуума (100 Па) выключите насос и оставьте его на несколько часов для того, чтобы проследить прибли-

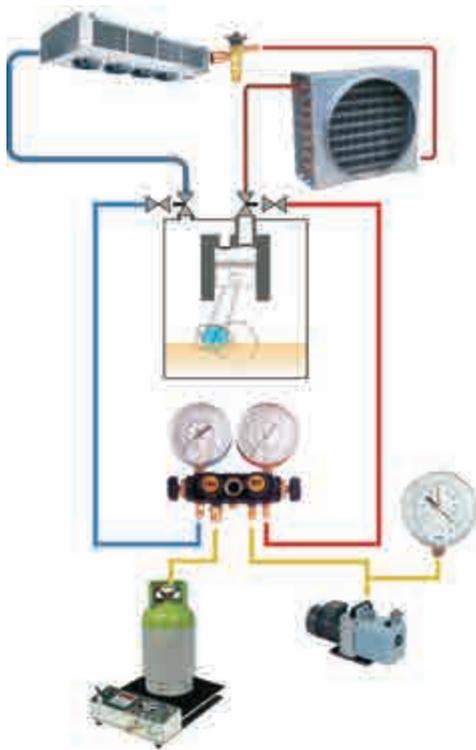


Рис.34. Подсоединение манометрического коллектора и вакуумного насоса

жается ли стрелка манометра к абсолютному давлению. Если это произойдет, либо в системе есть утечка, либо в системе все еще содержится влага. Если давление (вакуум) остается более или менее на том же уровне в течение некоторого периода времени, значит, система обезвожена, полностью откачена и не имеет утечек.

4. Начать заправку хладагентом, либо напрямую через сторону высокого давления в жидкостную сторону, либо через сторону всасывания при работающем компрессоре.

4.3. Замена масла

Большинство герметичных сварных компрессоров не имеют устройства для измерения уровня масла. Такой тип компрессора спроектирован для установки заправленных маслом в условиях заводского производства, в которых количество масла может быть точно измерено при первоначальной сборке. В случае утечки, если количество потерянного масла невелико и может быть измерено, это количество должно быть добавлено в компрессор. Однако, если произошла большая утечка масла, обслуживающий технический работник должен снять компрессор, слить масло и добавить правильно замеренное количество масла перед установкой компрессора. Полугерметичные компрессоры и компрессоры открытого типа обычно снабжены контрольным стеклом на картере компрессора, уровень масла при эксплуатации должен поддерживаться на уровне центра стекла или чуть выше. Очень низкий уровень масла может вызвать недостаток смазки, и наоборот, слишком высокий уровень масла может служить причиной возникновения шлама в масле и может вызвать повреждение клапанов компрессора или чрезмерную циркуляцию масла и замасливание поверхности теплообменников. Уровень масла может значительно варьироваться при первоначальном пуске, если в картере присутствует жидкий хладагент, после стабилизации работы компрессора необходимо проверить уровень масла при работающем компрессоре.

Примечание.

Масло всегда впитывает определенное количество хладагента, и во избежание выброса хладагента можно установить подогреватель масла или использовать устройство по извлечению хладагента из

системы перед открытием отверстия для подачи масла. Возможная процедура в таком случае:

Включить подогреватель масла.

Откачать газообразный хладагент (с помощью соответствующего устройства).

3) Слить масло в соответствующий промаркированный сосуд, при необходимости использовать выдавливание масла азотом.

Повторная заправка масла в герметичный компрессор

Для повторной загрузки, измеренного количества масла, необходимо отсоединить компрессор от системы и слить масло из всасывающей линии, наклонив компрессор.

Перед началом повторной загрузки необходимо точно измерить количество слитого масла. Прочитайте инструкцию по эксплуатации. Для предотвращения смешения хладагента и масла и во избежание выброса хладагента, необходимо установить подогреватель масла. После установки компрессора, система должна быть свakuумирована перед повторным наполнением хладагента и пуском в эксплуатацию. Никогда не применяйте масло из бутылок или баков, которые были оставлены открытыми.

Добавление масла в полугерметичные или открытые компрессоры.

Метод открытой системы

Если компрессор снабжен отверстием с пробкой, для заполнения масла в картере, самый простой метод добавления масла заключается в открытии пробки на картере компрессора и заправке или закачке необходимого количества масла. Если в системе нет хладагента, или если компрессор открыт для проведения ремонтных работ, нет необходимости в принятии особых мер предосторожности, кроме обычной практики защиты масла от попадания влаги и грязи, поскольку система должны быть заранее откачана перед пуском в эксплуатацию.

Если в системе содержится хладагент, необходимо закрыть всасывающий вентиль компрессора и понизить давление картера ниже атмосферного приблизительно до 30-50 кПа. После этого надо остановить компрессор и закрыть нагнетательный вентиль компрессора. Добавление масла можно осуществить через дополнительный штуцер всасывающего вентиля.

Метод откачки масла.

Многие наладчики либо сами изготовили, либо купили небольшой масляный насос для добавления масла в компрессор. Насос похож на обыкновенный велосипедный насос и позволяет при необходимости добавлять масло в работающий компрессор, или его также можно использовать для добавления масла прямо в картер, где пространство может не позволить провести гравитационную подачу.

При эксплуатации компрессора контрольный клапан насоса предотвращает потерю хладагента, и в то же время позволяет наладчику добиться достаточного давления, чтобы преодолеть рабочее давление всасывания, и добавлять масло по мере необходимости, в экстренных случаях, когда под рукой нет масляного насоса, и доступ к компрессору закрыт, масло может быть влито в компрессор через всасывающий вентиль.

4.4. Предотвращение непреднамеренного выброса хладагентов в атмосферу

Сокращение в потреблении ОРВ и хладагентов может быть достигнуто в кратчайшие сроки, если потери хладагента в работающих системах довести до минимума. Основные источники потери хладагентов можно разделить на 3 категории:

Внутрисистемная утечка (собственная)

Случайная утечка

Потери хладагента (во время транспортировки, в момент опорожнения или заправки системы) из-за низкого уровня квалификации техников и некачественного проведении ремонтно-профилактических работ (плохой практики).

Если в системе обнаружена утечка, она должна быть устранена (место утечки должно быть найдено и ликвидировано) до повторной заправки. При потере всего содержимого в системе, следует использовать азот для его подачи в систему под давлением с последующим разрежением системы. Вся система должна быть протестирована на утечки и места утечки должны быть помечены с тем, чтобы запомнить конкретное местонахождение. Помните, что утечка может иметь место не только на одном участке системы.

На рисунке 35 показано основное оборудование для осуществления процедуры извлечения (откачки) - процесса вывода из системы

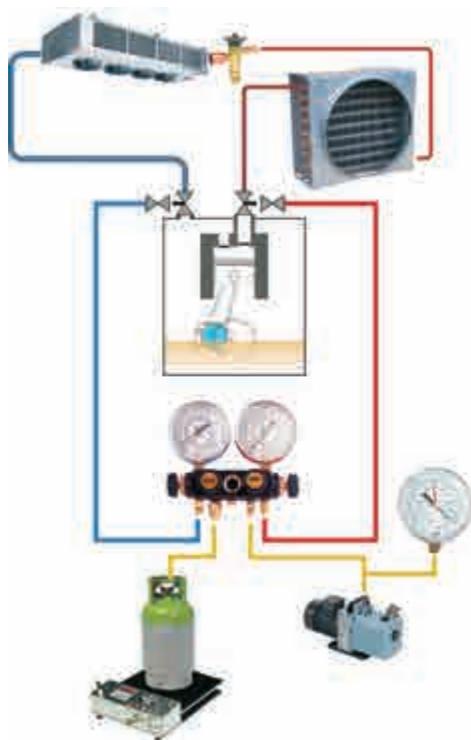


Рис.35. Специальное оборудование по извлечению хладагента

охлаждения хладагента в любом состоянии и хранение его в наружном контейнере без необходимости его тестирования или обработки каким-либо способом.

Всасывающая сторона установки по извлечению хладагента подсоединяется к стороне высокого давления рабочего коллектора с помощью высококачественного заправочного шланга. Если установка по извлечению оснащена внутренней обводной линией, идущей к компрессору установки извлечения, шланг низкого давления от рабочего коллектора, соединяется с приемным резервуаром системы охлаждения для передачи жидкого хладагента. Далее, в данной главе будут описаны различные методы извлечения (откачки) хладагента.

Приведем основные определения, используемые в данной главе:

Извлечение (откачка) хладагента – процесс извлечения хладагента из холодильной системы.

Извлечённый (откачанный) хладагент - хладагент, который выведен из системы охлаждения с целью хранения, рециркуляции, переработки или транспортировки.

Рециркуляция - процесс уменьшения загрязняющих веществ в извлечённом (отработанном) хладагенте с помощью маслоотделителя, отделителя неконденсирующихся газов и основного фильтра-осушителя, который предназначен для задержания влаги, кислотной среды и твердых частиц.

Восстановление – переработка извлечённого хладагента до со-

ответствия спецификации новой продукции, которая может включать процесс дистилляции (перегонки). Также может потребоваться проведение химического анализа переработанного хладагента для определения соответствия техническим условиям продукции.

Для определения качества восстановленного хладагента требуются химические анализы, которые подробно изложены в государственных или международных стандартах (эталонах) для спецификации новой продукции. Данное понятие обычно подразумевает применение технологических процессов или процедур, которые доступны только в перерабатывающем или производственном оборудовании.

Тестирование хладагента на наличие загрязняющих веществ.

В настоящее время можно приобрести фирменный набор для тестирования хладагента, который позволяет протестировать хладагент на наличие влаги, загрязняющих веществ и кислотной среды.

Тестирование масла на наличие загрязняющих веществ.

На некоторых системах также можно провести тестирование масла на наличие кислотной среды. Содержание кислоты в масле говорит о том, что в системе присутствует влага или имеет место перегрев или же частичное перегорание, которые могут привести к перегоранию (двигателя).

Для тестирования масла необходимо взять пробу масла из компрессора без выброса хладагента в атмосферу. Необходимо провести анализ проб масла на цвет и запах, наличие посторонних включений и на кислотность. В зависимости от этого возможны различные варианты дальнейших действий.

Цвет и запах масла:

а.) масло должно быть прозрачным, с легким нерезким запахом. Темное масло с резким запахом гари указывает на то, что компрессор перегревался, произошло разложение масла. В этом случае тест может показать высокую кислотность. Здесь необходима промывка всей фреоновой магистрали, включая трубопроводы внутреннего и наружного блоков и соединительной магистрали.

б). масло мутное и имеет зеленоватый оттенок, а тест на кислотность положительный. Сопутствующие признаки - внутренние поверхности трубопроводов розового цвета (результат травления меди кислотой).

Анализ посторонних включений:

Анализ посторонних включений во многих случаях позволяет определить характер повреждения компрессора:

а) наличие стальной или алюминиевой стружки в большинстве случаев указывает на повреждение шатунно-поршневой группы (системы) компрессора или клапанов, что может быть результатом нарушения системы смазки компрессора, гидроудара или заводского брака.

б) наличие медной стружки обычно указывает на брак в процессе монтажа или использование некачественной трубы.

в) наличие хлопьев сажи является свидетельством того, что произошло короткое замыкание обмотки двигателя компрессора и т.д.

Анализ на кислотность

Экспресс-анализ масла на кислотность производится с помощью специальных тестов. Изменение цвета жидкости в ампуле или цвета индикаторной бумаги позволяет выявить наличие кислоты. При положительном тесте на кислотность обязательна промывка всей фреоновой магистрали. Если в результате анализа содержимое в сосуде примет фиолетовый цвет, значит, с маслом все в порядке. Если жидкость в сосуде станет желтой, это говорит о том, что в масле содержится кислота и соответственно смазочное масло не пригодно для использования в системе (рис.36).



Без кислоты



С кислотой

Рис.36. Экспресс-анализ масла на кислотность

Перекачка хладагентов

Перекачка хладагента в малый баллон – это практика с возможными опасными последствиями. Поэтому такую работу следует выполнять с использованием метода, предписанного производителем хладагента.

Рекомендуется следовать указаниям, перечисленным ниже:

1. Не переполняйте баллон.
2. Не перепутайте наименования марки (вида) хладагента или не заправляйте хладагент одного наименования (марки) в баллон,

маркированный наименованием другого хладагента (другой марки).

3. Используйте только чистый баллон, незагрязненный маслом, кислотой, влагой и т.д.

4. Перед использованием визуально осмотрите каждый баллон и убедитесь в том, что все они регулярно подвергались испытанию под давлением.

5. На баллоне для извлечённых хладагентов ставится специальная отметка в зависимости от страны-производителя (желтая отметка – США, специальная отметка зеленого цвета – Франция), чтобы не перепутать с контейнерами для хладагента от производителя (чистого хладагента заводского производства).

6. На баллоне должны быть предусмотрены отдельные вентили для газа и жидкости, а также он должен быть оснащен устройством защиты от переполнения баллона (80% от объёма).

Хладагенты хранятся в транспортных контейнерах - баллонах разового и многоразового использования, которые обычно называются «цилиндрами». Они представляют собой сосуд под давлением и поэтому во многих странах они подлежат использованию в соответствии с федеральными и государственными законами, которые регулируют транспортировку и использование таких контейнеров.

Практика использования одноразовых баллонов нежелательна. От этих баллонов после их использования в целом отказываются, так как в результате использования разовых контейнеров, большое количество хладагента может быть выпущено в атмосферу. Их использование не рекомендуется. Согласно отчету от 1994 года Комитета по техническим альтернативам систем охлаждения и кондиционирования воздуха внесено предложение на запрет использования таких контейнеров.

Производители хладагентов по собственной инициативе ввели цветовую кодовую систему для идентификации их продукции с раскраской на разовых и многоразовых цилиндрах или же с нижеприведенными цветовыми маркировками:

R-11 оранжевый	R-13 голубой (лазурный)
R-12 серый	R-503 зеленовато-голубой
R-22 умеренно зеленый	R-114 темно-синий
R-502 орхидейный	R-113 фиолетовый
R-500 желтый	R-717 серебристый (NH ₃)

Оттенки цветов могут меняться в зависимости от производителя, поэтому следует сверить содержимое с другими маркировками кроме цвета. Каждый баллон для хладагента поставляется с шелкографической печатью и предупреждающей информацией о безопасности. По запросу можно приобрести техническую информацию и спецификацию на продукцию производителя.

Даже если баллоны разработаны и изготовлены с учетом их устойчивости давлению насыщенного (пара) хладагента, перекрашивание баллона на другой цвет для использования с другим хладагентом не рекомендуется.

Давление насыщенного пара хладагента в баллоне варьируется в зависимости от температуры окружающей среды. По этой зависимости можно установить какой хладагент находится в баллоне. Для этого баллон выдерживается в помещении с определенной температурой до тех пор, пока температура баллона не сравняется с температурой воздуха в помещении. Затем подсоединяют манометр и определяют давление и по таблицам насыщенных паров определяют какому хладагенту соответствует измеренное давление.

Предохранительные устройства сброса давления, предназначенные для максимального давления пара, устанавливаются на каждом баллоне заводского изготовления. Они представляют собой хрупкую (разрывную) пластину, или подпружиненное разгрузочное устройство, прикрепленное к стержню вентиля. Ни та, ни другая деталь не регулируется и её подделка невозможна.

Как и вакуумные насосы, работа установок по извлечению будет наиболее эффективна, если соединительные шланги будут как можно короче и больше диаметром. Диаметр шланга должен составлять не менее $\frac{3}{8}$ дюйма, предпочтительнее $\frac{1}{2}$ дюйма. Однако невозможность подвода регенерационной уста-



Рис. 37. Установка по извлечению хладагентов

новки ближе к системе, не может быть оправданием для того, чтобы исключить использование установки. И если придется воспользоваться длинными шлангами, то в общей сложности, на процесс извлечения потребуется лишь больше времени. На рис.37. показана типичная установка для извлечения.

Эксплуатация оборудования по извлечению.

Установки по извлечению подсоединяются к системе посредством рабочих вентилях, манометрического коллектора или специальных перфорирующих клещей. Некоторые из этих установок предназначены как для жидкого хладагента (обходят компрессор, который не может справиться с жидким хладагентом), так и для парообразного хладагента. Другие установки оснащены встроенными контейнерами для хранения отходов. Не допускайте того, чтобы компрессор извлекал хладагент в жидкой фазе так как компрессор может выйти из строя из-за гидравлического удара. Установка по извлечению предназначена для откачки (извлечения) паров хладагента.

Откачка жидкого хладагента.

Если установка по извлечению не оснащена встроенным насосом жидкости или же ее конструкция не выполнена с расчетом извлечения жидкого хладагента, жидкий хладагент из системы может быть выведен с помощью двух баллонов для извлеченных хладагентов и одной установкой по извлечению. На баллонах для извлеченных хладагентов должен быть Y образный клапан с двумя запорными кранами: один для жидкого хладагента второй для парообразного, производители на маховики вентилях наносят надписи «Liquid» (Жидкость) и «Vapor» (Пар) и они разных цветов. Такие баллоны могут быть приобретены у производителей фторуглеродных веществ или у специализированных компаний по восстановительным устройствам.

Подсоедините вентиль жидкого хладагента на баллоне прямо к системе охлаждения на том месте, откуда может быть откачан жидкий хладагент. Подсоедините другой вентиль для парообразного хладагента на том же баллоне, к входному вентилю установки по извлечению. Используйте установку по извлечению для откачивания парообразного хладагента из цилиндра и таким образом, понижайте давление в цилиндре, которое вытеснит жидкий хладагент из системы охлаждения в цилиндр. Позаботьтесь о том, чтобы данный процесс совершился как можно быстрее.

Второй баллон предназначен для поступления хладагента из

установки по извлечению, таким образом, хладагент из первого цилиндра поступает во второй. Если в установке по извлечению предусмотрена соответствующая встроенная емкость, то не обязательно выполнять вышеописанную процедуру. После того, как весь хладагент будет выведен из системы охлаждения, соединения могут быть переключены, а оставшая часть хладагента может быть извлечена в режиме (методом) возвращения паров в жидкую фазу. Для удобства в работе также может быть предусмотрено смотровое стекло на линии соединительного шланга подачи жидкого хладагента.

Извлечение жидкого хладагента методом «тяги-толкай».

Существует другой метод для извлечения жидкого хладагента, более распространенный, чем ранее описанные методы, известный как метод **«тяги-толкай»**. Если у вас имеется доступ к баллону для извлечения, данный процесс может совершиться благополучно, если баллон для извлечения подсоединить к паровому вентилю установки по извлечению, а вентиль жидкого хладагента баллона для извлечения соединить со стороны подачи жидкости к неработающей холодильной установке (объект из которого извлекается хладагент), как показано на рис.38.

Установка по извлечению **вытянет** жидкий хладагент из отключенной холодильной установки с понижением давления в цилиндре для извлечения. Парообразный хладагент, **извлечённый** из цилиндра, установкой по извлечению, начнет **проталкивать** пары хладагента обратно во всасывающую линию бездействующей (отключенной) холодильной установки.

Схема извлечения жидкого хладагента

Примечание: Не соединяйте линию подачи жидкости напрямую к установке извлечения. Компрессор может выйти из строя.

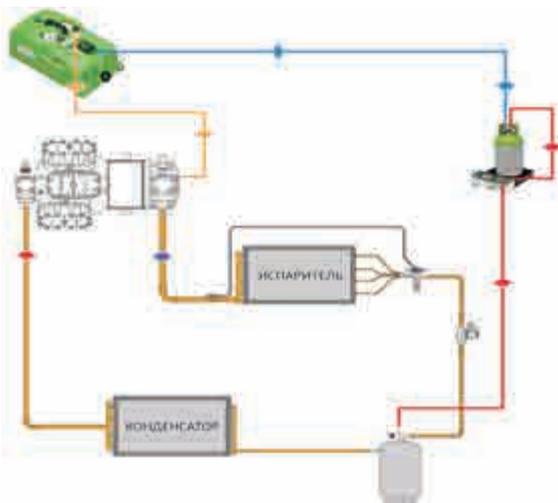


Рис. 38. Извлечение жидкого хладагента по методу «тяги-толкай»

Извлечение парообразного хладагента.

Хладагент может быть также извлечён в режиме откачивания паров, как показано на рис.38. На крупногабаритных системах охлаждения этот процесс будет длиться существенно дольше по сравнению с процессом извлечения жидкого хладагента.

Рекомендуется, чтобы соединительные шланги между установками по извлечению, холодильными системами и баллонами по извлечению были как можно короче по длине и больше диаметром.

Использование собственного компрессора системы.

Если необходимо извлечь хладагент из системы, и система имеет рабочий компрессор, для извлечения хладагента можно использовать собственный компрессор установки. Опять же эффективность процесса будет зависеть от расположения вентилей на системе.

Можно опорожнить систему обычным способом и после этого слить хладагент в охлаждаемый цилиндр по извлечению или можно использовать охлаждаемый цилиндр для извлечения хладагента одновременно как конденсатор и приемный резервуар, подсоединяя его к нагнетательному вентилю компрессора.

Повторное использование хладагента.

Извлечённый хладагент может быть повторно использован на одной и той же установке, из которой он был извлечён. Также он может быть извлечён из установки и переработан для использования на другой установке, в зависимости от состояния и причины его извлечения, то есть с учетом степени содержания и видов загрязняющих веществ.

Существует масса потенциальных опасностей в процессе извлечения хладагентов и поэтому за процессом извлечения и повторного использования нужно следить с осторожностью. Потенциальными загрязняющими веществами для хладагента являются кислоты, влага, осадки из-за перегрева и другие твердые частицы. Даже низкий уровень содержания этих загрязняющих веществ может повлиять на срок эксплуатации установки и поэтому рекомендуется перед повторным использованием проверять извлечённый и переработанный хладагент на наличие таких примесей.

Технологии повторного использования (рециркуляция)

Повторное использование (рециркуляция) является неотъемлемой частью практики обслуживания холодильных установок. Известны различные методы, начиная от закачки хладагента с минимальными потерями в ресивер (приемный резервуар) и закан-

чивая очисткой отбракованных хладагентов с помощью фильтров-осушителей. На рынке холодильных установок можно приобрести два типа оборудования. Первый тип – это установка для извлечения (однократного прохождения) хладагента. Другой тип относится к установкам извлечения и рециркуляции (многократного прохождения) хладагента в некоторых типах холодильного оборудования, в которых для повторного использования хладагентов процесс их извлечения и рециркуляции совмещены в одной установке. Такая установка, которая служит и для извлечения и для рециркуляции хладагента, показана на рисунке 39.

В оборудовании по извлечению однократного прохождения перерабатывают хладагент с помощью фильтров-осушителей или посредством процесса дистилляции. В данном случае хладагент проходит в один цикл через агрегат в процессе извлечения и после этого поступает в баллон для хранения.

В оборудовании извлечения и рециркуляции производит извлечение и многократное прохождение (очистку, рециркуляцию) хладагента через фильтры-осушители и фильтры поглотители кислот. Через определенный промежуток времени или несколько циклов, хладагент поступает в баллон для хранения. Время и количество циклов не являются надежными определителями того, насколько основательно хладагент был очищен (восстановлен, регенерирован), поскольку может присутствовать влага.

Технологии переработки (восстановления)

Процесс восстановления (переработки) определяется, как восстановление (переработка) хладагента и доведение его до уровня чистого хладагента первичного промышленного производства в со-



Рис.39. Рециркуляция хладагента

ответствии со стандартами на чистое вещество завода производителя и с проведением соответствующих химических анализов. Все производители и поставщики основного оборудования рекомендуют, чтобы уровень чистоты использованного хладагента, соответствовал хладагенту первичного заводского производства (по чистоте должен быть на уровне с новым хладагентом). Важным пунктом при восстановлении является то, что необходимо провести полную процедуру химического анализа, и пока извлечённый хладагент, подвергающийся восстановлению (переработке), не достигнет показателя стандарта хладагента от производителя для использования он не пригоден.

Большинство оборудования различных типов в состоянии достичь уровня чистоты, но важно помнить, что это должно быть проверено производителями оборудования, чтобы регенерационный хладагент обязательно соответствовал стандартам для хладагента чистого заводского производства.

Безопасное обращение с восстановленным хладагентом

Безопасное обращение с восстановленным хладагентом базируется на следующих действиях:

1) Тщательное изучение оборудования по извлечению, рециркуляции и восстановлению хладагента. Необходимо ознакомиться с инструкцией по эксплуатации оборудования от фирмы-изготовителя, с комплектом оборудования, постоянно применять предписанные методы и каждый раз следовать инструкции при использовании оборудования;

2) Необходимо избегать возможного соприкосновения с жидким хладагентом, поскольку в жидком состоянии хладагенты могут вызвать сильное обморожение некоторых участков тела. Рекомендуется пользоваться специальными перчатками, защитными очками и надевать одежду с длинными рукавами;

3) Извлечённый хладагент может быть откачан (извлечён) из сильно загрязненной системы. Кислота – это продукт разложения, и в результате этого процесса возможно образование соляной и фтористоводородной кислоты (фтористоводородная кислота - единственная кислота, которая плавит стекло). Необходимо соблюдать крайнюю осторожность в целях предотвращения попадания масел и парообразного хладагента на кожу или на одежду при эксплуатации

загрязненных холодильных устройств.

4) Необходимо использовать средства защиты, такие как защитные очки и обувь, перчатки, защитная каска, длинные брюки (закрывающие ноги) и рубашки с длинными рукавами;

5) Пары хладагента могут оказывать вредное (токсичное) воздействие на дыхательные пути человека. Необходимо избегать прямого попадания паров в пищевой тракт обеспечивать умеренную вентиляцию помещения;

6) Необходимо убедиться, что источник электропитания оборудования повторного использования хладагента разъединен и отключен. Любое устройство электроснабжения должно быть отключено и заблокировано с помощью проверенного предохранительного устройства;

7) Согласно требованиям стандартов безопасности, принятых в Соединенных Штатах Америки и Евросоюзе, разрешается использование только специальных сертифицированных контейнеров для хранения извлечённых хладагентов;

8) Никогда нельзя допускать превышения безопасного уровня объема жидкости в баллоне, основанного на чистом весе вещества. Максимальная вместимость любого баллона составляет 80% с учетом веса брутто;

9) Для перемещения баллона необходимо пользоваться специальным приспособлением на колесах. Если используется тележка, то нужно убедиться в том, что баллон прочно закреплен на ней. Ни в коем случае нельзя перекачивать баллон или устанавливать его вертикально, чтобы переместить баллон из одного места в другое. Рекомендуется использовать подъемник для транспортировки полутонного баллона с хладагентом, извлечённым из крупногабаритного оборудования;

10) Необходимо использовать шланги только высокого качества и убедиться в том, что они надежно и прочно затянуты (прикреплены к системе). Нужно часто проверять сальники (прокладки) шлангов;

11) В некоторых случаях шланги и электрические удлинительные шнуры могут иметь повреждения, и чтобы исключить возможные опасные проблемы необходимо установить защитные ограждения и выставить предупреждающие знаки. Шланги должны быть должным образом проложены в местах минимального риска;

12) На баллон и контейнер должны быть наклеены соответствующие этикетки в соответствии с техническими правилами и требова-

ниями;

13) Для осуществления процесса переработки (рециркуляции и восстановления) хладагента необходимо связаться со специальной организацией, специализирующейся на оказании услуг по переработке хладагентов для осуществления их транспортировки по вашему выбору;

14) Необходимо убедиться в том, что состояние всех цилиндров соответствует требованиям и правилам техники безопасности, и при необходимости проверить герметичность цилиндров (т.е. закупорены ли они должным образом), а также соответствие маркировки баллонов.

Извлечение хладагента из системы охлаждения домашнего бытового холодильника

Можно произвести извлечение хладагента из герметически закрытой холодильной системы, которая не оснащена рабочими вентилями (клапанами). Для этого в соответствии с инструкциями производителя к системе следует подсоединить линейный кран (игольчатый кран). В данном случае установка по извлечению хладагента используется для его от-

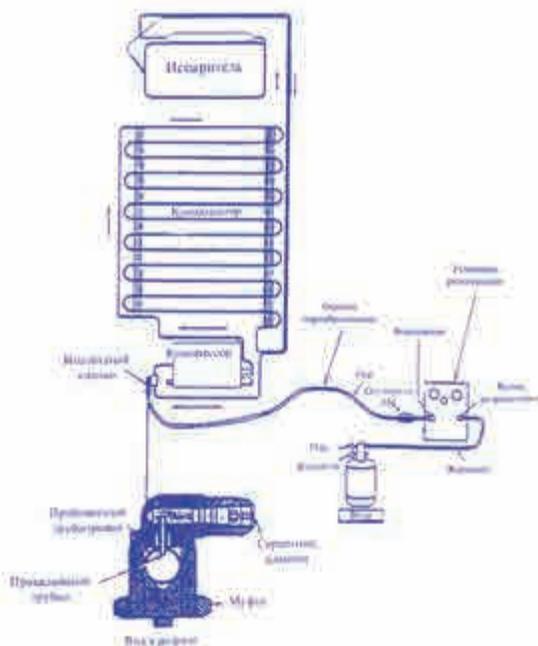


Рис.40. Извлечение хладагента из бытового холодильника

качки через игольчатый кран аналогично действиям, предписанным для работы с крупногабаритными системами. Не рекомендуется оставлять надолго игольчатые краны на месте подсоединения. Если они установлены на технологической трубке, то после завершения процесса извлечения краны должны быть отсоединены. На рисунке 40 показана установка по извлечению хладагента, которая соединена с

холодильником посредством линейного игольчатого крана. В связи с малым количеством хладагента, имеющегося в системе, производится извлечение только парообразного хладагента. Рекомендуется установка игольчатых кранов, как со стороны высокого давления, так и со стороны низкого давления.

Регенерация хладагента из системы кондиционирования воздуха

Извлечение жидкого хладагента.

На рисунке 41 показано типовая установка для кондиционирования воздуха. Такие виды установок обычно имеют запорные вентили, встроенные на трубках. Во время извлечения хладагента из такой системы, сначала из системы должна быть извлечена жидкая фаза, поскольку количество хладагента может быть довольно большое. На данном рисунке мы описываем метод «тяги-толкай» (поступательно-возвратный метод). Всасывающая трубка кондиционера шлангом подсоединяется к линии нагнетания установки по извлечению. Паровой вентиль цилиндра для извлечённых хладагентов подсоединяется к всасывающей стороне установки по извлечению, а жидкостная линия кондиционера подсоединяется к жидкостному вентилю цилиндра для извлечённых хладагентов. Если бы на приемном резервуаре были специально предусмотрены вентили (краны) (на стороне высокого давления), нагнетательная сторона установки по извлечению могла бы крепиться там же. Таким образом, жидкий хладагент вытекает со стороны жидкостной линии системы кондиционирования воздуха и поступает в цилиндр. Установка по извлечению будет способствовать поддержанию давления в баллоне ниже, чем в системе кондиционирования воздуха и будет поддерживать жидкий поток.

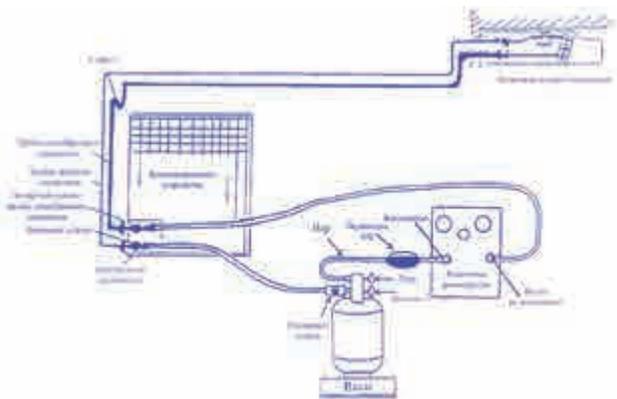


Рис.41. Извлечение жидкого хладагента из кондиционера

Извлечение парообразного хладагента.

Когда заканчивается процесс откачки жидкости, в системе остается некоторое количество парообразного хладагента. Чтобы перекачать в цилиндр для извлечённых хладагентов весь хладагент, подсоедините всасывающий шланг от установки извлечения к всасывающей линии установки кондиционирования воздуха. Затем подсоедините шлангом линию нагнетания установки по извлечению к паровому вентилю на цилиндре для извлечённых хладагентов. Запустите установку по извлечению и не отключайте ее пока вакуумметр не покажет отметку 0,6 атмосфер или ниже. Таким образом, завершается процесс извлечения хладагента.

Извлечение хладагента из торговых холодильных камер.

Извлечение жидкого хладагента.

Установка по извлечению подсоединяется шлангом к запорному вентилю с выходным штуцером системы, расположенном на конденсаторе/ресивере. Для контроля потока жидкости устанавливается смотровое стекло на шланге перед цилиндром. Со стороны

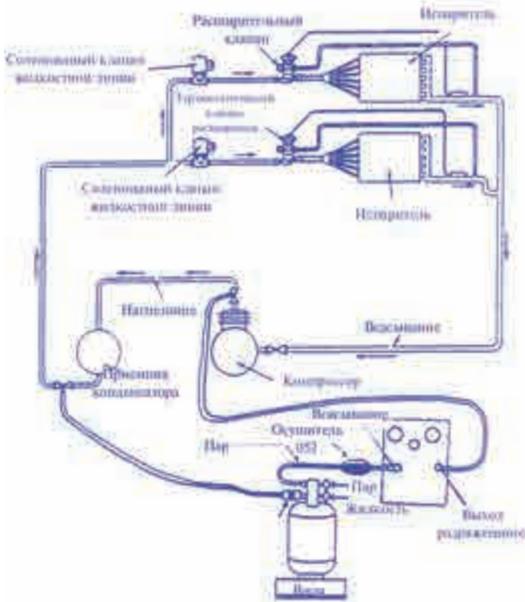


Рис.42. Извлечение жидкого хладагента из торговых холодильных установок

всасывания установки по извлечению нужно подсоединить шланг к паровому вентилю цилиндра для извлечённых хладагентов (используется фильтр-осушитель). Нагнетательная сторона установки по извлечению подводится к запорному вентилю стороны высокого давления компрессора на стороне высокого давления холодильной установки. Все системные запорные вентили должны быть приведены в открытое положение, включая и соленоид-

ные вентили (клапаны). Далее установка по извлечению запускается в работу и обеспечивается наблюдение за смотровым стеклом. Когда через смотровое стекло уже не будет наблюдаться протекание жидкого хладагента, это означает, что в системе его больше не осталось. Схема извлечения жидкого хладагента из торговых холодильных установок показана на рисунке 42.

Извлечение парообразного хладагента.

После завершения процесса откачки жидкости, подведите шланги со стороны всасывания установки по извлечению к стороне низкого и высокого давления компрессора. Для эффективности процесса извлечения подсоедините шланги, как со стороны высокого давления, так и со стороны низкого давления (используйте рабочий манометрический коллектор). Нагнетательную сторону установки по извлечению соедините с паровым вентилем баллона для извлечённых хладагентов. Во избежание «пробки» в трубопроводах, убедитесь в том, что все рабочие вентили (клапаны) и клапаны отключения, приведены в открытое положение. На рисунке 43 показан процесс откачки парообразного хладагента.

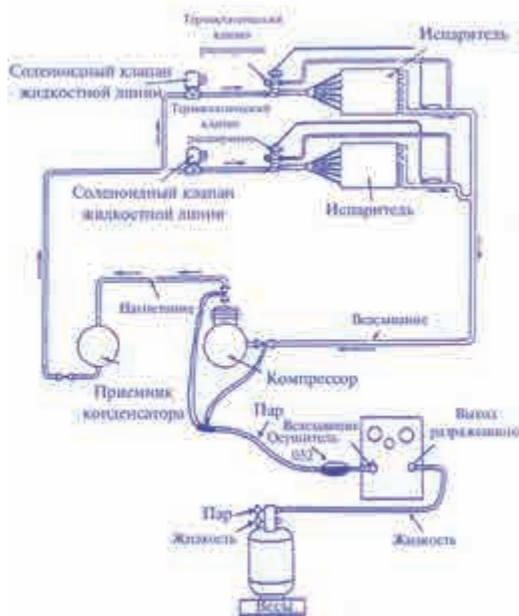


Рис.43. Извлечение парообразного хладагента из торговых холодильных установок

Извлечение хладагента из автомобильных систем кондиционирования воздуха

Извлечение парообразного хладагента

Автомобильные установки кондиционирования воздуха обыч-

но оснащены рабочими вентилями на стороне высокого и низкого давления компрессора. Объем хладагента в такой системе довольно маленький и поэтому требуется совершить только процесс извлечения парообразного хладагента. Подсоедините шланг со стороны всасывания установки по извлечению к стороне низкого давления компрессора установки кондиционирования воздуха, подсоедините соедините шлангом сторону нагнетания установки по извлечению с паровым вентилем цилиндра для извлечённых хладагентов. Запустите установку по извлечению и дайте ей поработать в течение 3-5 минут. Подсоедините другой шланг со стороной высокого давления компрессора и завершите процесс извлечение. Не отключайте установку по извлечению до тех пор, пока манометр (датчик давления) не покажет 0,6 атмосфер (бар). На рисунке 44 приведен пример процесса извлечения парообразного хладагента из автомобильной системы кондиционирования воздуха.

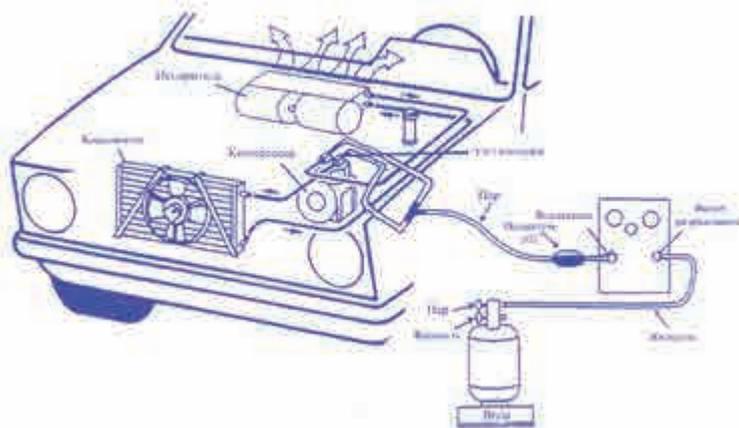


Рис.44. Извлечение парообразного хладагента из автомобильного кондиционера

ГЛАВА 5. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ ТОРГОВОГО ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ И СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

5.1. Торговое холодильное оборудование

При обслуживании торгового холодильного оборудования и систем кондиционирования воздуха необходимо настроить и поддерживать нормальный режим работы оборудования. При настройке нормальной работы следует обратить внимание на значения температур, а не давлений так как температуры не зависят от вида используемого хладагента. В связи появлением все большего числа новых хладагентов это существенно упрощает задачу.

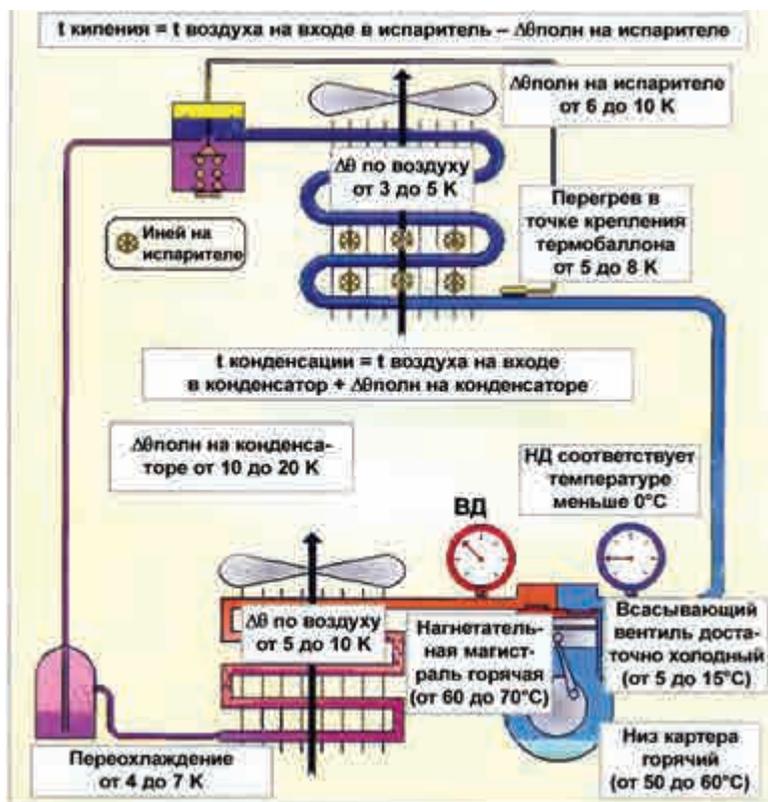


Рис.45. Температурные параметры для торгового холодильного оборудования обеспечивающие нормальный режим его работы

На рисунке 46 приведены значения температурных параметров для кондиционера обеспечивающие нормальный режим его работы

Следует также:

- 1) Ознакомится с руководством по эксплуатации завода-изготовителя.
- 2) Регулярно прочищайте воздушный фильтр.
- 3) Посредством периодической очистки поддерживайте в чистом виде конденсатор, испаритель, вентилятор и другие элементы установки.
- 4) Удостоверьтесь, что поток воздуха через конденсатор не заблокирован.
- 5) Перезапускайте установку, по крайней мере, только через 3 минуты после отключения компрессора.
- 6) Проверьте следы масла на холодильных трубопроводах – они могут являться признаками возможных утечек холодильного агента.
- 7) Проводите периодические проверки рабочих температур и силы тока.
- 8) Для очистки испарителя и конденсатора используйте соответствующие чистящие средства.
- 9) Для чистки змеевиков используйте воду или сжатый воздух под давлением.
- 10) Для выправления ребер конденсатора или испарителя используйте специальную гребенку.

5.3. Обслуживание и ремонт

- 1) Чтобы определить потребность в ремонте оцените состояние установки.
- 2) Если в установке содержится какое-то количество хладагента перед ремонтом примите меры для его извлечения и сохранения.
- 3) Если установка подлежит ремонту, выполните процедуры в соответствии с требованиями планово-предупредительного ремонта (общепринятыми промышленными методами).
- 4) Минимальный набор инструментов и материалов, необходимых для ремонта малых холодильных установок:
 - баллоны с озонобезопасными хладагентами (R-134a, R-600 и др.), применяемыми для заправки современных холодильников и кондиционеров;

- быстросъемные муфты, маслофреоностойкие шланги или отожженные медные трубы для присоединения баллонов к холодильной системе;

- манометрический коллектор для заправки хладагента в холодильный агрегат и контроля давления в холодильной системе;

- весы (желательно электронные) для дозирования количества хладагента, заправляемого в холодильный агрегат;

- вакуумный насос для вакуумирования холодильного агрегата перед заправкой его хладагентом;

- клещи или трубку для пережима заправочного трубопровода после заправки холодильного агрегата хладагентом;

- труборез для резки трубопроводов из стали и цветных металлов;

- набор вальцовок для подготовки стыков трубопроводов под резьбовое соединение и пайку;

- горелка кислородно-пропановая (предпочтительно) или воздушно-пропановая. Последняя не позволяет работать с массивными элементами холодильного агрегата;

- припои с содержанием серебра (ПСР-29,5 и др.) для пайки стыков: медь-сталь, сталь-сталь и меднофосфористый для пайки стыков медь-медь;

- флюс для пайки твердыми припоями;

- электронный течеискатель для обнаружения мест утечки хладагента;

- универсальный измерительный прибор для измерения напряжения сети, сопротивления обмоток электродвигателя и электропроводки, потребляемого холодильником электрического тока, температуры.

5) В процессе работ по обслуживанию и ремонту соблюдайте нижеследующие требования:

- нельзя повышать давление в системах или емкостях для проведения испытаний на утечку или в любых иных целях с помощью атмосферного воздуха, т.к. это приведёт к проникновению в систему влаги, содержащейся в воздухе. Используйте для этих целей сухой азот или другие инертные газы;

- вакуумирование холодильного агрегата перед заполнением системы хладагентом является обязательным условием последующей нормальной работы установки;

- перед заполнением холодильной системы хладагентом при

ремонте холодильника следует удостовериться в том, что в баллоне содержится соответствующий хладагент. Проверка проводится по величине давления паров хладагента при температуре баллона, равной температуре окружающего воздуха. Перед проверкой баллон должен находиться в данном помещении не менее 6 часов. Зависимость давления хладагента от температуры окружающего воздуха проверяется по таблице насыщенных паров;

– для присоединения баллонов к холодильной системе разрешается пользоваться отоженными медными трубами или маслостойкими шлангами, испытанными на прочность и плотность соответствующим давлением;

– не следует пользоваться горелками или открытым пламенем для разогрева баллона во время работ по заправке хладагентом.

– для обнаружения места утечки хладагента разрешается использовать галоидные и другие течеискатели, мыльную пену, полимерные индикаторы герметичности. Наличие: следов масла, пузырьков при обмыливании соединений, изменение цвета пламени или звуковой сигнал электронного течеискателя указывают на утечку хладагента;

– при обнаружении утечки хладагента необходимо удалить хладагент из охлаждающей установки и устранить утечку;

– ремонт холодильников, работающих на озоноразрушающих и озонобезопасных хладагентах, должен производиться с обязательным сбором хладагента для его повторного использования;

– запрещается использовать разовые баллоны для хладагентов в качестве емкостей для сжатого воздуха. Баллоны с хладагентами не имеют соответствующего внутреннего покрытия, следовательно, влага, содержащаяся во влажном воздухе, обязательно приведет к возникновению коррозии. Это может ослабить прочность баллона и вызвать взрыв.

ГЛАВА 6. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО МОНТАЖУ И ОБСЛУЖИВАНИЮ ТОРГОВЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

6.1. Монтаж оборудования

Следующие руководящие указания должны быть выполнены для всех холодильных установок и систем кондиционирования воздуха:

- 1) Изучите инструкцию по монтажу завода - изготовителя.
- 2) Для предотвращения попадания влаги и других примесей открытые концы труб и узлов оборудования должны быть заглушены.
- 3) Все узлы и компоненты установки должны быть смонтированы без риска для работников, ущерба имуществу и окружающей среды.
- 4) Все работы по монтажу должны проводиться под контролем компетентных и ответственных лиц.
- 5) Во время проведения монтажных работ соблюдайте Правила техники безопасности.
- 6) Обеспечьте надлежащую вентиляцию в помещениях монтажа оборудования, согласно установленным санитарным нормам и промышленным стандартам.
- 7) Обеспечьте необходимое пространство для обслуживания монтажного оборудования согласно рекомендациям завода-изготовителя.
- 8) При резке медных трубок используйте труборез.
- 9) Перед монтажом удостоверьтесь, что используемые трубы и фитинги чистые.
- 10) Установите маслоотделитель на нагнетательном трубопроводе согласно стандарту производителя.
- 11) Трубопроводы хладагента должны быть надлежащим образом соединены и закреплены.
- 12) Трубопроводы холодного контура установки должны быть надлежащим образом изолированы, изоляцией необходимой толщины, по всей длине трубопровода. Изоляция должна быть надлежащим образом соединена.
- 13) Обеспечьте резиновую подушку между агрегатом (компрессором) и его основанием для предотвращения передачи вибрации, которая вызывает шум. Не пережимайте крепёжные (анкерные) болты.

14) По возможности избегайте монтажа конденсатора с воздушным охлаждением в места подверженные попаданию прямых солнечных лучей.

15) Воздухоохладитель в системе кондиционирования воздуха должен иметь трубку (шланг) для отвода конденсата.

16) Прокладка трубопроводов хладагента должна проводиться в соответствии с требованиями завода-изготовителя. По возможности избегайте замуровывания труб в стены и пол.

17) Для предотвращения окисления металла во время пайки или сварки заполните соединяемые трубы сухим азотом.

18) Используйте сухой азот или любой допустимый газ (только не R-22) для продувки шлаков от пайки или сварки. **Никогда не используйте кислород для продувки трубопроводов.**

19) Хладагенты не должны применяться для продувки труб и не должны использоваться для удаления грязи из системы.

20) Смонтированные трубопроводы должны подвергаться испытанию на плотность при 1,50 МПа для низкой стороны и 25 МПа для высокой стороны с использованием сухого азота (согласно рекомендациям производителя).

21) После устранения всех неплотностей, система должна быть вакуумирована до остаточного давления 1мБар или ниже.

22) Всегда обеспечивайте подключение системы к отдельному источнику питания с установкой автоматического выключателя для каждого агрегата согласно стандартам производителя.

23) Во избежание снижения качества изоляции не наворачивайте слишком туго полиэтиленовые ленты на изолированные трубы.

24) Компоненты, связанные с безопасностью системы, должны быть проверены на надлежащее функционирование (например, срабатывание реле давления по высокому и низкому давлению, задержка времени срабатывания соленоидного вентиля и предохранительного клапана и т.д.). Результаты тестирования должны быть занесены в протоколы тестирования для информации.

25) Компоненты холодильной системы должны быть промаркированы. Спецификация оборудования и технические данные (технический паспорт) должны быть доступны для внесения данных о количестве и типе холодильного агента и смазочного масла в холодильной системе.

Монтаж трубопроводов.

Трубопроводы по возможности должны быть горизонтальными или вертикальными. Исключение составляют:

- линии всасывания, которые должны иметь небольшой уклон в сторону компрессора
- линии нагнетания, которые должны иметь небольшой уклон в сторону от компрессора.

Кронштейны, хомуты и другая крепежная арматура должна соответствовать диаметру труб и усилиям, передаваемым на трубы от установленного на них оборудования (рис.47).

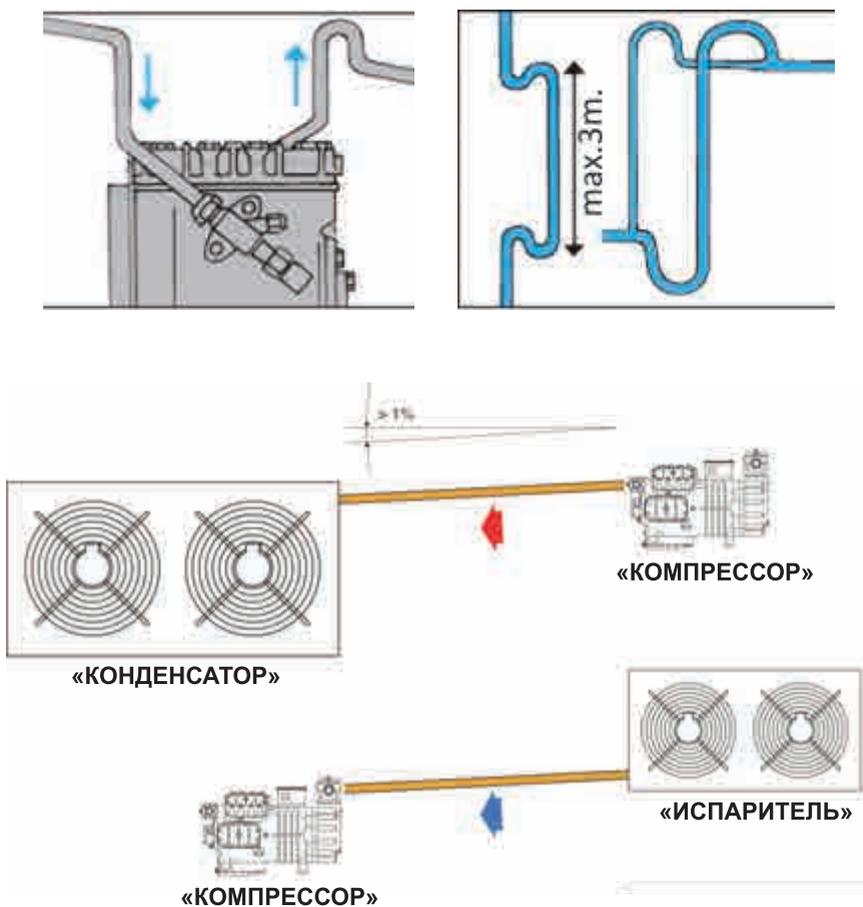


Рис.47. Монтаж трубопроводов

Если под компрессором установлены виброгасители на всасывающем и нагнетательном трубопроводах также должны быть гасители вибрации (демпферы)

На вертикальных всасывающих трубопроводах через каждые 1,2-1,5 м должны быть установлены масляные ловушки. В системах с переменной во времени тепловой нагрузкой необходимо устанавливать стояки из двух труб разного диаметра.

Трубопроводы линии всасывания должны прокладываться с учетом возврата масла в компрессор. В системах с переменными тепловыми нагрузками данные требования особенно справедливы при низких нагрузках.

6.2. Общие мероприятия по эксплуатации и техническому обслуживанию

Данный раздел включает регулярно проводимые мероприятия.

1) Осмотрите электрический шкаф управления холодильной установкой, если необходимо, решите вопрос о его ремонте.

2) Проверьте исправность электрических переключателей установки.

3) Проверьте, наличие посторонних шумов, звуков при работе установки и вибрацию подшипников. При необходимости, произведите смазку подшипников.

4) Проверьте затяжку всех резьбовых соединений и винтов, при необходимости затяните.

5) Проверьте вентилятор и вентиляторный отсек (воздушного конденсатора и воздухоохладителя) на наличие грязи, при необходимости прочистите.

Система охлаждения и система смазки

1) Регулярно проверяйте состояние изоляции трубопроводов и назначьте ремонт или замену при необходимости.

2) Периодически пользуясь смотровым стеклом (если таковое имеется), проверяйте степень заполнения системы хладагентом.

3) Визуально проверьте утечки хладагента по замасленным пятнам и используйте соответствующий течеискатель для установления точного места утечки.

4) Проверьте на плотность запорную арматуру, сальники, уплотнительные кольца крышек обслуживания.

5) Проверьте уровень масла в картере компрессора (если это возможно). Если уровень низок, выясните причину и примите меры.

6) Визуально проверьте цвет масла. Если оно помутнело, то необходимо её заменить и выяснить причину изменения цвета.

7) Проверьте давление масла (при наличие масляного насоса в компрессоре) если такое применяется. Оно должно быть выше давления всасывания или соответствовать рекомендациям производителя. Если оно ниже рекомендаций производителя, выясните причину.

8) Проверьте работу реле контроля смазки (РКС, если таковой применяется).

9) Проверьте рабочие давления:

Всасывания.

Нагнетания.

Давление масла (если применяется).

Сторона высокого давления (нагнетания)

1) Проверьте трубы конденсатора на предмет загрязнения, при необходимости прочистите.

2) Проверьте подачу воды на конденсатор (если применяется).

3) Проверьте работу обратного водоснабжения (градирни) конденсатора (если применяется).

4) Проверьте рабочие температуры:

воды на входе в конденсатор (если применяется).

воды на выходе из конденсатора (если применяется).

воздуха на входе в конденсатор (если применяется).

воздуха на выходе из конденсатора (если применяется).

5) Проверьте рабочие параметры водяных насосов конденсатора, давление всасывания и подачи (нагнетания) (если применяется).

6) Проверьте параметры электрического тока, питающий электродвигатель водяного насоса.

7) Проверьте наличие воды для подпитки в системе водяного охлаждения.

Сторона низкого давления (всасывания)

1) Проверьте змеевик испарителя на загрязнение, при необходимости, прочистите.

2) Проверьте дренажный поддон воздухоохладителя на загрязнение, при необходимости, прочистите.

3) Проверьте трубопровод слива талой воды, чтобы убедиться, что конденсат свободно сливается, при необходимости прочистите его.

4) Проверьте уровень воды в расширительном бачке (испарители ледяной воды).

5) Отрегулируйте слив на переливную трубу (испарители ледяной воды).

6) Проверьте рабочие температуры:

воды на входе в испаритель (испарители ледяной воды).

Выхода из испарителя (испарители ледяной воды).

воздуха на входе в воздухоохладитель (если применяется).

воздуха на выходе из воздухоохладителя (если применяется).

7) Проверьте рабочие давления:

подачи холодной воды (испарители ледяной воды).

обратной линии холодной воды (испарители ледяной воды).

Электрическая система и система автоматического контроля

1) Проверьте и прочистите все электрические контакты и клеммы. Затяните ослабленные зажимы на контактах и клеммах.

2) Проверьте качество подачи электроэнергии. Удостоверьтесь, что параметры линии электроснабжения находятся в интервале $\pm 10\%$ от требуемых параметров (напряжение).

3) Снимите показания тока мотора компрессора.

4) Проверьте работу пускового реле.

5) Проверьте натяжение ремней и центровку шкива электродвигателя, при необходимости отрегулируйте.

6) Проверьте ремни привода (от электродвигателя) на износ, при отклонении от нормы замените его.

7) Снимите показания тока электродвигателя насоса.

8) Проверьте систему автоматического управления и защиты, откалибруйте по необходимости:

Реле высокого и низкого давления.

Реле времени (таймеры).

Реле температуры (термостат).

Все остальные устройства с электрическим и электронным управлением.

Планово - профилактические мероприятия

Этот раздел включает плановые мероприятия, которые должны проводиться через определённые интервалы времени.

1) Профилактическое обслуживание должно быть направлено на:

- обеспечение безаварийной работы оборудования;
- предотвращение несчастных случаев работников;
- предотвращение порчи товаров и имущества;
- обеспечение непрерывной работы системы;
- своевременное обнаружение утечек системы;
- обеспечение хорошего состояния всех узлов и деталей;
- минимизацию потребления энергии и максимальную нагрузку.

2) Для обеспечения эффективной работы оборудования и предотвращения поломок необходимо разработать график планово-профилактического обслуживания.

3) Особенное внимание должно быть уделено всем движущимся частям установки, так как они подвергаются износу.

4) Причины ненормальной вибрации должны быть найдены и устранены.

5) Избегайте контакта электрических проводов с нагнетательной линией. Горячая поверхность трубы может расплавить изоляцию провода, что может вызвать короткое замыкание.

6) Для эффективной работы необходима регулярная смазка подшипников.

7) Для точного установления места утечки холодильного агента используйте соответствующий течеискатель.

8) При очистке змеевика испарителя и конденсатора используйте соответствующие чистящие средства и инструмент.

9) Контролируйте температуру перегрева паров на выходе из испарителя (степень заполнения испарителя).

10) Установите качество (например, уровень кислотности) и тип смазывающего масла в системе перед добавлением или полной замены масла.

Ведение учета и документация

Подробный учёт рабочих параметров является важным элементом (процессом) в обслуживании системы охлаждения и кондиционирования воздуха. Если учёт ведется соответствующим образом, то

это может служить основой для диагностирования неполадок, которые могут произойти в будущем. Для этого необходимо проводить следующее:

1) Обеспечить ежедневную запись данных (для больших систем охлаждения и кондиционирования воздуха) рабочих параметров, таких как давления всасывания и нагнетания, сила тока, температура, и других параметров, которые должны регистрироваться обслуживающим персоналом в суточном журнале.

2) Суточный журнал учета должен заполняться и храниться в машинном отделении или в соседнем помещении.

3) Суточный журнал должен содержать:

зарегистрированные данные об обслуживании;

зарегистрированные данные об изменениях в системе

4) Руководство по эксплуатации оборудования должно храниться рядом с суточным журналом и должно содержать следующие сведения:

Маркировку оборудования;

Специфические данные пользователя;

Инструкцию по эксплуатации от завода изготовителя.

ГЛАВА 7. ТРАНСПОРТНЫЕ РЕФРИЖЕРАТОРЫ И УСТАНОВКИ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА. МОБИЛЬНОЕ КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА (МКВ)

7.1. Установки с приводом от двигателя

Общие требования

Обслуживающий персонал должен быть проинформирован об основной процедуре стандартного управления системой МКВ. Механик должен принимать во внимание взаимосвязь воздушного кондиционера и автотранспортного средства.

Перед запуском двигателя удостоверьтесь, что переключатель воздушного кондиционера выключен.

Перед началом работы МКВ системы удостоверьтесь, что двигатель прогреет должным образом.

Удостоверьтесь, что воздушный клапан установлен в режиме рециркуляции.

Установите переключатели вентилятора и термостата на максимум и отрегулируйте желаемые параметры так, чтобы в салоне была комфортная температура.

Во время работы кондиционера не оставляйте на продолжительное время открытыми окна и двери салона (кабины водителя).

Всегда поддерживайте салон в чистоте, особенно коврики.

Перед отключением двигателя выключите кондиционер и вентилятор.

Техническое обслуживание.

Техническое обслуживание систем МКВ должно производиться в 2 года один раз или через каждые 25000 км пробега. Основные положения:

- 1) Проверьте наличие утечек на запорной арматуре и других доступных частях оборудования.
- 2) Проверьте недостаточно защищенные линии хладагента.
- 3) Для каждого кондиционера необходимо проверить электрическую проводку и недостаточно защищенные узлы.
- 4) Проверьте натяжение ремня.
- 5) Проверьте зазор между контактами магнитного пускателя.
- 6) Проверьте, нет ли посторонних звуков, таких как шум ремня, вибрации и др.

7) Проверьте наличие агента в системе посредством смотрового стекла.

8) Подсоедините измерительные приборы для проверки сторон высокого и низкого давления в системе.

9) Проверьте состояние конденсатора.

10) Проверьте состояние дополнительного вентилятора.

11) Проверьте функционирование кондиционера.

12) Проверьте функционирование выключателя термостата.

13) Проверьте функционирование реле давления.

14) Проверьте исправную работу системы в рабочих условиях:

0,15-0,25 МПа для низкой стороны и

1,37-1,57 МПа для высокой стороны.

15) Убедитесь в том, что всасывающий и нагнетательный вентили, через которые поступает холодильный агент, открыты должным образом.

16) Содержите конденсатор в чистоте (чистите его как можно чаще).

Профилактика и ремонт

Основные положения:

1) Перед началом работ определите тип системы. Наиболее общими чертами идентификации систем с R-134a являются следующие:

а) маркировка кондиционера и фитингов (монтажных приспособлений);

б) наличие соответствующих табличек и наклеек на компрессоре;

в) осмотр пазов (канавок, желобов) на соединениях и соответствующей маркировки на подающих трубопроводах хладагента.

2) Во время осмотра и ремонта снимите наручные кольца, браслеты, ожерелья, ключи и другие личные предметы, которые могут Вам нанести травмы или повредить внутренние и внешние части автомобиля.

3) Перед началом работы подготовьте в полном комплекте необходимые инструменты.

Для предупреждения загрязнения хладагента удостоверьтесь в том, что набор оборудования и инструментов, используемых для заполнения системы хладагентом одной марки не должен использоваться для заполнения системы хладагентом другой марки (если набор использовался для заправки ХФУ, он не должен использоваться для заправки ГФУ).

5) Используйте смазочные масла, сочетающиеся с конкретным хладагентом, используемым в системе.

6) Никогда не переделывайте (переводите) систему кондиционирования с R-134a на систему кондиционирования с R-12.

7) Всегда используйте покрытия или предохранительную решетку.

8) Всегда ставьте заглушки на открытые трубопроводы и запорную арматуру.

9) Никогда не используйте O-образные кольца.

Для систем с R-134a используйте специальные присоединительные приспособления

11) Всегда подтягивайте всю запорную арматуру.

12) Никогда не используйте плотно обтягивающие хомуты вместо обжимных соединителей.

Никогда не используйте тетрахлорид углерода (carbon tetrachloride) как чистящее средство.

Для опорожнения системы всегда используйте вакуумный насос.

Для предупреждения проникновения влаги в масла контейнеры с избытком масел для ГФУ должны быть плотно запечатаны.

Фабричные защитные колпачки (крышки) не следует удалять с фитингов до тех пор, пока они не готовы для соединения, особенно фильтра - осушителя или компрессора.

При соединении двух труб с помощью фитинга, обратите внимание на следующее:

- Смазывайте компрессорным маслом поверхности O-образных колец.

- Проверьте положение O-образных колец в соединениях, правильно ли они прилегают к пазу (канавке, приливу).

- Введите трубу с O-образным кольцом в другую трубу и уплотните ее (соедините покрепче вручную). Если труба, с O-образным кольцом, введена не по центру (несовпадение осей труб), то поверхность соединения труб (в местах где они плотно прижаты) может повредиться.

- Используйте два ключа для подтяжки или ослабления фитингов. Чтобы избежать перекручивания или сгиба труб, необходимо учитывать следующее:

- Избыточный момент кручения при подтяжке (для уплотнения) может стать причиной утечки газа из-за перекоса уплотнителя.

- Визуально проверьте, есть ли трещины на фитингах: – результат

слишком сильной подтяжки или проворота.

- Удостоверьтесь, что поверхность соединяющихся частей фитингов защищена от коррозии и не деформирована.

При опорожнении системы обе стороны: - с низким и высоким давлением должны быть соединены с вакуумным насосом.

При удалении O-образных колец следует проявить особую осторожность, чтобы не повредить трубопроводы.

Чтобы не перепутать и не загрязнить систему ёмкости для масла должны иметь свои ярлыки (маркировку).

Испаритель должен быть тщательным образом очищен по стандартной процедуре или как рекомендовано производителем.

Убедитесь, что в процессе демонтажа испарителя, для ремонта или очистки, кабели, провода и их соединения промаркированы, чтобы избежать случайного неправильного их соединения при сборке.

Убедитесь, что все рабочие параметры, такие как: давления в системе или температуры регистрируются.

Всегда используйте средства индивидуальной защиты (СИЗ).

Всегда добавляйте холодильный агент в систему.

7.2. Установки с отдельным приводом

Осмотр, обслуживание, уход

1) Компрессора системы кондиционирования:

- проверьте уровень масла через смотровое стекло, если надо, добавьте или смените масло;

- проверьте посадку крепежных скоб, зажимов и подтяжку болтов;

- проверьте, есть ли нехарактерный шум или вибрации, при необходимости устраните;

- проверьте уплотнение вала, чтобы не было утечек масла, при необходимости замените;

- проверьте др. части компрессора на предмет возможных утечек, при необходимости отремонтируйте.

2) Конденсатора:

- проверьте состояние конденсатора, при необходимости почистите;

- проверьте, нет ли утечек, обнаруженные утечки устраните,
- проверьте состояние электродвигателей конденсатора и вентилятора, при необходимости отремонтируйте либо замените.

3) Узла охлаждения (испарителя):

- проверьте состояние испарителя, при необходимости прочистите;
- проверьте уплотнители на входе воздуха, при необходимости замените;
- проверьте воздушный фильтр, при необходимости прочистите или замените;
- проверьте состояние двигателя вентилятора, при необходимости отремонтируйте или замените;
- проверьте, нет ли утечек, при обнаружении устраните,
- смажьте при необходимости подшипники.

4) Другие элементы:

- проверьте утечки хладагента из труб, фитингов, шлангов, при необходимости отремонтируйте их или замените;
- проверьте сито фильтра - осушителя, при необходимости замените;
- проверьте хомуты (зажимы), зафиксируйте их, при необходимости отремонтируйте;
- проверьте любые повреждения фланцевых соединений, при необходимости замените их;
- проверьте свободные концы и неукрепленные электропровода, соедините или замените их.

7.3. Процедуры

1) Ретрофит систем

Для ретрофита (замещения, перевода) систем МКВ с ХФУ 12 на ГФУ 134a рекомендуется:

- проверить утечки, используя электронный течеискатель или мыльную пену, при обнаружении утечек устранить.
- чтобы проверить давление на всасывании и нагнетании, заведите двигатель автомобиля, повторно проверьте, на наличие утечки.
- извлеките весь хладагент из системы по стандартной процедуре в специальный контейнер для перезаправки, специально промар-

кированный для этих целей.

- освободите компрессор от монтажной скобы и слейте масло из компрессора.

- заливая другое масло для нового хладагента в компрессор, и вручную проворачивая вал компрессора, ополосните его внутренние части. Количество масла для ополаскивания (смыва) составляет $\approx 50\%$ от количества масла, рекомендуемого изготовителем для заправки.

- При необходимости повторите процедуру ополаскивания.

- заправьте небольшое количество хладагента в компрессор и закройте всасывающий и нагнетательный вентили. .

- отпрессуйте систему азотом или другим чистым и инертным газом.

- произведите проверку каждого узла давлением на предмет обнаружения утечек, при необходимости устраните утечки или замените узел с утечкой.

- замените регулирующий вентиль и осушитель фильтра на совместимые с новой маркой хладагента.

- смените все выпуклые части на O-образных типах фитингов.

- замените все O-образные пломбы на трубопроводах и шлангах на другие, предназначенные для R-134a и синтетических (PAG) масел.

- переустановите и снова соберите все компоненты системы.

Для установки новых фитингов хладагента освободите доступ к клапанам и фитингам.

- вакуумируйте систему, по крайней мере на 1 мбар (0,001 бар, или 0,75 мм.рт.ст.), используя соответствующий вакуумный насос и электронный вакуумметр.

- заполните систему другим хладагентом и смазочным маслом как рекомендовано изготовителем. Когда система будет модифицирована, увидите, что ее заполнение изменится.

- пронаблюдайте работу системы и проверьте на наличие утечки.

- сравните полученные данные с теми, когда система использовала ХФУ.

- для ясности промаркируйте систему.

2) Очистка испарителя

Чтобы проверить утечки, заменить регулирующий вентиль, зафиксировать плохо функционирующий воздушный клапан, (который способствует проникновению воздуха извне, из-за чего повреждает-

ся «пенная» изоляция) или просто из-за большого количества грязи, может потребоваться разборка испарителя.

Эта работа должна производиться с большой осторожностью, чтобы предотвратить загрязнения или появление пятен на панели управления автомобиля, обивке сидений и др. частях салона автомобиля в момент извлечения испарителя. При очистке испарителя рекомендуется следующая последовательность работ.

Для автономной системы кондиционирования воздуха:

- после отсоединения испарителя от системы, закупорьте входные трубы испарителя и фитинги. Это не позволит грязи проникнуть в систему;

- извлеките змеевик испарителя из гнезда;

- извлеките температурный датчик термостата, отметив его расположение, для того, чтобы после очистки испарителя установить его на то же самое место;

- используя напорный промывной аппарат, смойте грязь с поверхностей испарителя, направляя струю в сторону, противоположную той, где собирается грязь;

- направляя струю воды на поверхность с другой стороны, надо следить, чтобы грязь не проникла глубже под напором воды. Не повредите ребра слишком большим напором воды во избежание потери скорости движения воздуха, при прохождении воздуха вдоль них. Если надо, отрегулируйте насадку и напор промывного аппарата;

- проверьте испаритель на утечки;

- если утечек нет, проверьте работу терморегулирующего вентиля. После его выемки, обратите внимание на расположение в нем чувствительного шарика, чтобы потом установить точно в то же место.

- убедитесь, что терморегулирующий вентиль после этого будет чистым, если нет, то замените его. Производители предлагают менять осушитель и регулирующий вентиль через каждые 2 года работы или 50000 км пробега.

- если испаритель имеет утечку, замените его;

- продуйте испаритель азотом, чтоб удалить избыток масла. Установите терморегулирующий вентиль на свое место. Поменяйте кольца, примените, где необходимо, тефлоновую ленту и, чтобы не повредить волокна, соедините осторожно фитинги (сначала вручную, потом ключом);

- для полного контроля повторите еще раз тест на утечки;
- магнитный и соленоидный вентили системы должны быть тщательно очищены и обильно промыты азотом в направлении, обратном потоку хладагента.

3) Очистка соленоидного вентиля

Если конструкция соленоидного вентиля позволяет его демонтировать и почистить изнутри, тогда лучше это сделать, чтобы оставшиеся частицы загрязнений не создавали потом проблемы.

Для этого рекомендуется следующее:

- отсоедините соленоидный вентиль из системы. Особое внимание уделите, чтобы не повредить фитинги.
- при разборке не потеряйте его мелкие детали.
- удалите грязь и механические частицы из внутренней полости вентиля.
- произведите сборку вентиля.
- проверьте эффективность работы вентиля путем продувки через него воздуха в направлении потока движения холодильного агента в закрытом положении клапана. Воздух не должен проходить через вентиль.
- откройте клапан вентиля и проверьте снова, теперь уже воздух может проходить через него.

4) Дозаправка или заливка масла в компрессор

Извлеките компрессор из скоб.

Сразу же закупорьте (заглушите) крышками всасывающее и нагнетательное отверстия компрессора, чтобы исключить попадание грязи внутрь компрессора.

Закупорьте шланги системы, от которых компрессор был отсоединен.

Отсоедините магнитную защелку от компрессора.

Снимите крышечки и дренажный затвор, слейте масло из компрессора.

Подождите 2–3 мин для полного стока масла.

Измерьте количество стекшего масла.

Залейте снова то же количество нового масла в компрессор (60% через отверстие для стока, примерно 20% через нагнетательное отверстие, и около 20% через всасывающее отверстие).

Плотно закройте всасывающее и нагнетательное отверстия ком-

прессора. Заглушки могут быть сняты, только тогда, когда компрессор будет подключаться к системе.

5) Дозаправка или добавление масла в систему

Добавление или заправка масла в систему всегда рекомендуется через компрессор. Залейте необходимое количество масла в ту часть, которую нужно заменить или обслужить, пропуская его через нагнетательный трубопровод. Это делают в случае, если нет другого доступного способа. Учтите, что масло в R-134a гигроскопично и не должно приходить в соприкосновение с воздухом извне.

6) Проверка утечек

После того, как система собрана, произведите проверку на утечки с помощью сухого азота.

- Установите регулятор азота на давление между 7 бар и 10 бар.
- Соедините анализатор системы с регулятором. Убедитесь, что оба отсечных клапана анализатора закрыты.
- Откройте вентиль баллона с азотом.
- Откройте нагнетательный вентиль и дайте возможность азоту попасть внутрь системы через высокую сторону, пока не сработает устройство анализатора.
- Закройте отсечной клапан анализатора, поддерживая давление внутри системы. Закройте вентиль баллона.
- Заполнение производится по меньшей мере в течение 5 мин. При помощи мыльного раствора проверьте на утечку все доступные фитинги.
- Если давление падает, то локализируйте утечку и устраните ее.
- Повторите процедуру проверки утечек до тех пор, пока в системе их уже не будет.
- Подключив к вакуумному насосу для дегидратации, снимите давление в системе и отсоедините анализатор от регулятора азота.

7) Вакуумирование

Проверьте анализатор системы. Удостоверьтесь, что фитинги, съемники и адаптеры чистые. Убедитесь, что перед началом вакуумирования шланги подсоединены плотно к адаптерам и механизмам.

Подсоедините вакуумметр таким образом, чтобы контролировать вакуум в системе, когда вентиль вакуумного насоса закрыт (с

учетом конфигурации анализатора системы).

Откройте вентиль заполнения системы. Откройте оба вентиля (всасывания и нагнетания).

Подсоедините желтый кран к вакуум-насосу.

Включите вакуумный насос в работу до тех пор, пока вакуумметр не покажет по меньшей мере 1 мбар (0,001 бар).

Закройте всасывающий и нагнетательный отсечные клапаны системного анализатора.

Выключите вакуумный насос и наблюдайте за показаниями вакуумметра, поддерживающего 1 мбар, по меньшей мере, в течение 5 минут.

Проверьте утечки, если вакуумметр продолжает показывать растущий вакуум, повторите процесс снова.

8) Заполнение системы хладагентом, всегда рекомендуется заполнить систему парами хладагента в виде газа, а не жидким хладагентом:

- отсоедините желтый шланг от вакуум-насоса и подсоедините его к емкости с хладагентом. Чтобы избежать утечек хладагента при наполнении, убедитесь в плотном подсоединении шланга к баллону.

- вакуумметр отсоедините, во избежание повреждения избыточным давлением.

- переверните вверх дном баллон и выпустите воздух наружу из желтого шланга.

- заполняйте сначала жидким хладагентом систему через нагнетательную сторону. Откройте красный отсечной клапан анализатора и подавайте хладагент в систему до тех пор, пока оба манометра (на всасывающей и нагнетательной стороне) не покажут одинаковое давление.

- подождите 3-5 мин. до заполнения системы хладагентом.

- перед тем, как продолжить заполнение системы газом, установите следующие параметры:

- число оборотов двигателя: - отрегулируйте холостой ход,
- переключатель подачи воздуха: - включен,
- переключатель воздушного потока: - верхнее положение,
- рычаг клапана: - рециркуляция,
- створка: - закрыта,
- окошко: - закрыто.

При вертикальной позиции баллона с хладагентом закройте вентиль со стороны нагнетания. Когда манометр покажет 12,5 бар, по смотровому стеклу проверьте движение хладагента. Чтобы стабилизировать систему перед окончательным заполнением ее хладагентом запустите кондиционер при данных условиях:

Тип системы кондиционирования и требуемый параметр	R-12		R-134a	
	Низкая сторона	Высокая сторона	Низкая сторона	Высокая сторона
Одинарная, давление (бар)	1,9-2,1	13,8 – 15,2	1,9-2,1	13,8 – 15,2
Из двух компонентов, давление (бар)	2,1-2,75	13,8 – 15,2	2,1-2,75	13,8 – 15,2

Продолжайте наполнять систему, обращая особое внимание на смотровое стекло, которое должно показывать поток хладагента с небольшими пузырьками.

Когда система заполнится, закройте всасывающий и нагнетательный вентили анализатора. Закройте вентиль баллона с хладагентом. Потом снова откройте вентиль подачи и заполните систему хладагентом через подающий шланг.

Выключите кондиционер и двигатель.

7.4. Запись наблюдений и документация

В поддержании систем МАС (мобильное кондиционирование воздуха) очень важны детальные записи проводимого обслуживания. Правильно выполненные записи служат «историей» системы и могут служить в будущем для диагностирования ненормальных условий эксплуатации. Каждый производитель систем МАС имеет свои собственные предложения по графику контроля для своих установок. Он должен последовательно выполняться, особенно в течение первого года работы.

Запись о проведенных сервисных работах в системе МАС должна начинаться с проверки или испытания конкретной сборочной единицы или механизма в целом.

Каждое испытание и осуществленный контроль системы записываются так как рекомендовано производителем.

Перед каждым видом работ данной единицы оборудования просматривайте записи предыдущего сервисного обслуживания.

После каждой осуществленной сервисной процедуры обновляйте записи.

Сохраняйте записи сервисного обслуживания для обращения к ним в будущем.

7.5. Осмотр и обслуживание автомобильных холодильных установок

1) Осмотр, управление и уход.

Посмотрите, какие процедуры осмотра, управления и ухода рекомендованы производителями;

Визуально проверьте сборочную единицу на предмет физических повреждений;

Проверьте электрические соединения, контакты, провода и кабели; подтяните свободные концы в контрольном щитке;

Проверьте зарядку батареи, и если она низка, перезарядите или замените (для специально предназначенного автономного двигателя);

Проверьте дренажный резервуар, опорожните и, если надо, почистите;

Проверьте систему на утечки;

Проверьте состояние испарителя и конденсатора, если надо почистите;

Проверьте крепежные болты и, если надо, подтяните;

Установите диаграмму для записи температуры;

Удостоверитесь, что переключатель выбора мощности установлен правильно;

Проверьте воздушный поток вентилятора конденсатора и его направление;

Проверьте надлежащее направление вращения крыльчатки вентилятора испарителя;

Проверьте уровень масла в компрессоре по смотровому стеклу;

Проверьте параметры контроля оттайки, проведите их наладку;

Убедитесь, что регистратор температуры находится в рабочем режиме.

2) Обслуживание и ремонт

Для обслуживания и ремонта следует обращаться к инструкции производителя.

Когда высокая или низкая сторона открыты на длительный период времени убедитесь, что фильтры - осушители сняты,

Поставьте загрязненный фильтр - осушитель на свое место.

Перед производством любых работ по ремонту или обслуживанию убедитесь, что источник энергии обслуживаемой единицы отключен от сети

Залейте масло в том же количестве, что и удаленное из компрессора.

При установке электродвигателя компрессора поддерживайте минимально допустимое расстояние между электродвигателем и движущимися элементами компрессора.

Потяните крепежные болты в соответствии с рекомендованным крутящим моментом

ГЛАВА 8. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ПРОЦЕДУРЫ ПРИ ОБСЛУЖИВАНИИ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

8.1. Проверка утечек, процедура вакуумирования и наполнения системы холодильным агентом

Обнаружение утечек.

Если предполагается, что в системе есть утечки, необходимо проверить всю систему и определить их локализацию. Никогда не предполагайте, что в системе всего одна утечка.

Существующие способы поиска утечек:

- обмыливание стыков трубопроводов, фланцевые соединения (мыльная пена);
- галогенная лампа;
- электронный течеискатель (рекомендуемый способ).

Обмыливание применимо для поиска утечек любых хладагентов.

Галогенная лампа применима только для поиска утечек хлорсодержащих хладагентов (группы ХФУ и ГХФУ).

Электронный течеискатель должен соответствовать типу хладагента, используемого в установке.

Необходимо отметить, что традиционные «галогенные лампы» не могут быть использованы для таких ГФУ; как R-134a, поскольку они требуют наличия хлора для воспроизведения цветного пламени. Обнаружение утечек может быть выполнено с помощью электронных устройств. Многие датчики используют такие способы обнаружения утечек, как «Нагревание диода» и «Коронный разряд». Эти датчики настроены на измерение содержания хлора.

Для замещения хлора требуется в 120 раз больше фтора. Поэтому для обеспечения надежного аварийного сигнала требуется значительное усиление. На сегодняшний день многие электронные приборы по обнаружению утечек недостаточно чувствительны к обнаружению утечек ГФУ. С другой стороны, возможно применение специальных электронных приборов по обнаружению утечек.

Утечки хладагента

Количество хладагента в холодильной системе никогда не уменьшается вследствие работы холодильной системы. Если обнаружено, что количество хладагента в системе недостаточно, систему необходимо проверить на утечки, произвести ремонт и зарядку. Поиск уте-

чек должен производиться на всех резьбовых, паяных и фланцевых соединениях.

Многие проблемы в кондиционерах воздуха могут иметь такие же симптомы, что и при утечке хладагента. Например, вентилятор, компрессор и другие регуляторы могут функционировать, в то время, как система не охлаждает. Всегда определите все имеющиеся причины до заправки хладагентом.

Недостаточная заправка хладагентом указывает на возможную утечку в системе. Добавление хладагента без обнаружения утечки и проведения надлежащего ремонта - решение временное, дорогостоящее (поскольку цены продолжают расти) и экологически неприемлемое. Добавление хладагента не решит проблему в долгосрочной перспективе.

Попробуйте обнаружить утечку до извлечения хладагента во избежание загрязнения воздуха хладагентом из открытой системы. (Помните, что хладагент не должен выпускаться в воздух). Наличие замасливания (пятен масла) в районе трубных соединений обычно является признаком утечки, но не руководствуйтесь одним лишь этим фактором. Всегда проводите обслуживание с помощью течеискателя.

Причины утечки

Все утечки хладагента вызваны повреждением каких-либо компонентов. Поломки обычно возникают по одной или нескольким причинам, приведенным ниже:

* **Вибрация** - одна из основных причин повреждения компонентов и вызывает «механическое затверждение» меди, смещение уплотнений, развинчивание зажимных болтов (ослабление затяжки резьбовых соединений) на фланцах и т.д.

* **Изменение давления** - функционирование холодильных систем зависит от изменения давления. Изменение давления по-разному влияет на различные компоненты системы и приводит к нагрузкам на материал, неравномерному расширению и сжатию.

* **Изменения температуры** - холодильные системы часто состоят из различных материалов различной толщины. Быстрые изменения температуры могут вызвать неравномерное расширение и сжатие материалов.

* **Фрикционный износ** - существует много случаев фрикционного износа (износ трения), который вызывает повреждение компонен-

тов, и они варьируют от плохо укрепленных труб до плохих уплотнений валов.

* **Неправильный выбор материала** - в некоторых случаях выбирается неподходящий материал, например, некоторые типы шлангов имеют конкретный (определённый) коэффициент утечек, и используются материалы, которые повреждаются в условиях вибраций, быстро меняющегося давления и изменения температуры.

* **Недостаточный контроль качества** - есть материалы, используемые в холодильной системе не очень высокого качества, которые повреждаются в условиях вибрации, быстро меняющегося давления и изменения температуры.

* **Случайные повреждения** - такое случается редко, и всегда необходимо следовать особым мерам предосторожности и предохранять системы под повышенным давлением от случайных повреждений.

Принципиальные причины утечки хладагента указаны выше, однако, наиболее распространенные причины следующие:

- Вибрация
- Изменения температуры
- Изменения давления

Поскольку эти условия часто возникают в холодильных системах, опасность утечки хладагента вследствие повреждения компонентов, существует всегда. Наиболее вероятная точка утечки – места механических соединений, состыковывающие неоднородные материалы (например, медь – сталь, медь – алюминий и др.).

Галогенная лампа

Наиболее часто в качестве прибора для обнаружения утечек в полевых условиях используется галогенная лампа. Она состоит из небольшого баллона, заполненного пропаном или сжиженным нефтяным газом, шланга, специальной горелки с медным элементом (рис.48). Газ подпитывает небольшое пламя в горелке, создавая небольшой вакуум в шланге. Когда зонд проводится по предполагаемому месту утечки, то хладагент попадает в шланг и проникает в горелку под медным элементом. Небольшое количество горящего хладагента при наличии меди дает яркий зеленый цвет. Большое количество хладагента будет гореть уже фиолетовым пламенем. При проведении испытания на наличие утечек при помощи галогенной лампы, необходимо всегда наблюдать за малейшими изменениями

цвета пламени. В настоящее время использование галогенных лам для выявления утечек хладагентов больше не рекомендуется из-за их низкой чувствительности.



Рис. 48. Галогенная лампа

Обмывание

Один из самых первых и простейших способов обнаружения утечки заключается в использовании мыльных пузырей (рис.49). Протрите предполагаемое место утечки жидким мылом или моющим средством, и при наличии утечки появятся пузыри. Несмотря на простоту, метод мыльных пузырей может быть очень удобным при обнаружении утечки, точное нахождение которой трудно установить.



Рис.49. Обмывание для выявления места утечки

Электронный течеискатель



Рис.50. Электронный течеискатель

Электронный течеискатель (рис. 50) является наиболее чувствительным из всех имеющихся приборов для определения утечек. Такие течеискатели можно купить по доступной цене, и прибор может обнаруживать утечки вплоть до 100 ppm. Такие утечки часто не обнаруживаются при использовании других методов. Вследствие чрезвычайной чувствительности электронные приборы мо-

гут быть использованы лишь в чистой среде, не загрязненной парами хладагента, дымом, паром четыреххлористого углерода или других растворителей, поскольку они могут дать искаженный или недостоверный результат.

Ультрафиолетовая лампа

Метод обнаружения утечки с помощью ультрафиолетовой флуоресценции указывает точное нахождение утечки хладагента (рис.51). Ультрафиолетовая флуоресценция обнаруживает вещества, которые добавляются в масла.

Определенное количество масла всегда смешивается с хладагентом, и когда ультрафиолетовая лампа направлена на систему с утечкой, место (индикатор) этой утечки будет светиться. Метод обнаружения утечки с помощью ультрафиолетовой флуоресценции указывает точное нахождение утечки хладагента. Это устройство для обнаружения утечек применяется лишь в системах с минеральными маслами или маслами на эфирной основе. Прямой солнечный свет в помещении, где проводится обнаружение утечек, не рекомендуется.



Рис.51. Ультрафиолетовая лампа

Обнаружение утечек аммиака (NH_3)

Утечка может быть обнаружена путем поднесения открытого баллона или с концентрированной соляной кислотой (HCl) к предполагаемой точке утечки. В точке утечки возникнут плотные пары хлористого аммиака белого цвета. Сырая красная лакмусовая или фенолфталеиновая бумага изменит цвет под воздействием аммиач-

ной среды и является достаточно удобным средством обнаружения незначительных утечек аммиака.

В случае серьезных утечек, которые сложно остановить в течение определенного времени, необходимо погрузить место утечки вводу, которая в свою очередь абсорбирует аммиак, предотвращая, таким образом, загрязнение атмосферы. В уплотнении цилиндрических клапанов могут возникнуть утечки, которые могут быть устранены путем затяжки уплотнительной гайки.

Оборудование, спроектированное для обнаружения утечек аммиачных и фторуглеродных хладагентов, значительно отличается и должны всегда использоваться по назначению. Поэтому, невозможно использовать галогенную лампу или электронный течеискатель для обнаружения утечек аммиака (кроме некоторых отдельных не взрывоопасных моделей). Соляная кислота (HCl) также не подходит для обнаружения утечек фторуглеродных хладагентов. Неправильное применение такого оборудования, может привести к несчастному случаю со смертельным исходом, поскольку концентрация аммиака, соответствующая 15-28% объема воздуха помещения, воспламеняется при попадании искры или при температуре выше 650°C.

Если есть подозрение, что система имеет утечки и необходим ремонт (кроме утечек в фитингах, которые могут быть устранены путем надлежащего стягивания), то необходимо выполнить следующие процедуры:

- 1) Визуально установите место утечки при осмотре.
- 2) Запустите систему и проверьте её на герметичность, используя соответствующий течеискатель.
- 3) Произведите извлечение хладагента из системы.
- 4) Заполните систему сухим азотом (10 бар на низкой стороне, 20 бар на высокой стороне) для испытания на плотность.
- 5) Устраните обнаруженные утечки (неплотности) и проверьте два раза до полного устранения всех утечек.
- 6) Свакуумируйте систему до остаточного давления 1 мбар (0,001 бар), используя соответствующий вакуумный насос и электронный вакуумметр.
- 7) Зарядите систему хладагентом, запустите установку и добавьте хладагент до полного заполнения.
- 8) Количество заправленного холодильного агента должно соответствовать паспортным нормам (рекомендациям) завода изготовителя.

8.2. Процедура замены хладагента (ретрофит), например, R-22 на R-404A или R-507

Перевод холодильной системы, работающей на R-22, на альтернативный хладагент может быть проведен с использованием обычного сервисного оборудования и обычной практики сервисного обслуживания холодильного оборудования. Основные этапы ретрофита холодильных систем с R-22 на альтернативные хладагенты:

1) При работающей холодильной установке соберите весь имеющийся хладагент (R-22) в линейный ресивер и выключите компрессор. Закройте всасывающий и нагнетательный вентили.

2) Извлеките (слейте) из компрессора минеральное масло, определите количество слитого масла и сравните с паспортными данными для приблизительного определения количества масла, оставшегося в системе.

3) Заполните систему новым альтернативным маслом согласно рекомендациям завода изготовителя компрессора или холодильного агрегата.

4) Запустите систему в работу с R-22 для тщательного перемешивания альтернативного масла с остатком минерального масла, при этом установка должна проработать не менее 24 часов. После этого снова слейте масло. Повторите этот процесс до тех пор, пока остаток минерального масла в системе будет не более 5% от допустимого уровня.

5) Выключите компрессор холодильной установки и извлеките весь хладагент из системы.

6) Извлеченный хладагент должен храниться только в специальном контейнере или баллоне многократного использования с нанесением соответствующей маркировки на баллон.

7) Извлечение хладагента должно производиться при помощи установки для извлечения или установки для извлечения и переработки (рециркуляции), работу по извлечению хладагента должен производить сертифицированный-специалист.

8) Во время операции по извлечению техник не должен допускать выброса хладагента в атмосферу.

9) Все узлы и детали оборудования, на которые будет оказывать влияние новый альтернативный хладагент и его (альтернативное) масло, например, предохранительный клапан, прокладки, фильтр-осушитель, т.д. (согласно рекомендациям завода-изготовителя) не-

обходимо заменить.

10) Заполните систему новым альтернативным маслом согласно рекомендациям завода изготовителя компрессора или холодильного агрегата.

11) Проведите опрессовку системы сухим азотом и проследите за изменением давления в течение 24 часов.

12) Свакуумируйте систему, по меньшей мере, до остаточного давления 1 мбар, используя соответствующий вакуумный насос и электронный вакуумметр.

13) Заполните систему первоначальным количеством альтернативного хладагента (3,5 бар для систем охлаждения и 5 бар для систем кондиционирования воздуха).

14) Запустите систему и дозарядите хладагентом до полного заполнения.

15) Проследите за работой системы, по меньшей мере, в течение 48 часов и произведите необходимое регулирование.

16) Проверьте качество слитого минерального масла рефрактометром.

17) Следуйте рекомендациям производителя агрегата или компрессора, так как допустимые отклонения зависят от системы и условий эксплуатации.

18) Промаркируйте систему с указанием на этикетке типа и количества заправленного хладагента и масла.

Схема процесса замены хладагента (ретрофита)



8.3. Процедура пайки трубопроводов холодильной системы

Пайка осуществляется при температуре выше 425°C, но ниже температуры плавления соединяемых металлов. Она происходит за счет поверхностных сил адгезии между расплавленным припоем и нагретыми поверхностями основных металлов. Припой распределяется в соединении под действием капиллярных сил.

Нельзя путать пайку твердым припоем с пайкой мягким припоем, хотя операции очень близки. Соединение металлов при пайке мягким припоем происходит при температуре ниже 425°C.

При пайке латуни или бронзы используют флюс для предотвращения образования окисного покрытия на основных металлах. При пайке меди и медных соединений, медно-фосфорные припои являются самофлюсующимися.

В связи с хрупкостью соединения, возникающей из-за фосфорной составляющей припоя, нельзя применять медно-фосфорные припои для пайки цветных металлов с содержанием никеля выше 10%. Эти припои не рекомендуется также использовать для пайки алюминиевой бронзы.

В отличие от медно-фосфорных сплавов твердые серебряные припои не содержат фосфор.

Серебряные припои.

Эти припои применяют для пайки цветных металлов, меди и сплавов на медной основе, за исключением алюминия и магния, для пайки, которых необходим флюс.

Необходимо принимать тщательные меры предосторожности при использовании низкотемпературного медного припоя, содержащего кадмий, в связи с отравляющим воздействием паров кадмия.

В большинстве случаев пайку соединений осуществляют при помощи нескольких марок припоев. Сплав с содержанием серебра 15% - это медно-фосфорный припой, а сплав с содержанием серебра 45% - это серебряный припой.

Пайка двух медных труб с использованием медно-фосфорного припоя при помощи горелок.

Уменьшающееся пламя горелки указывает на избыточное количество газообразного топлива в газовой смеси, которое превышает содержание кислорода (рис.53).

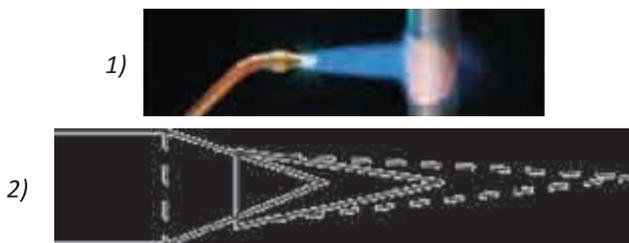


Рис.53. Оптимальный вид пламени горелки для пайки твердым припоем:
1) факел ярко синего цвета; 2) факел пламени, насыщенный газом.

Незначительно уменьшающееся пламя быстрее и лучше нагревает и очищает поверхность металла для операции пайки.

Сбалансированная газовая смесь содержит равное количество кислорода и газообразного топлива, в результате чего пламя нагревает металл, не оказывая другого воздействия (рис.54).

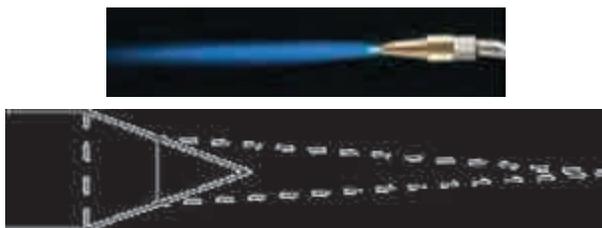


Рис.54. Факел пламени горелки при сбалансированной газовой смеси
(ярко синего цвета и небольшой величины)

Перенасыщенная кислородная смесь - это газовая смесь, содержащая избыточное количество кислорода, в результате чего образуется пламя, которое окисляет поверхность металла. Признаком этого явления служит черный окисный налет на металле (рис.55).

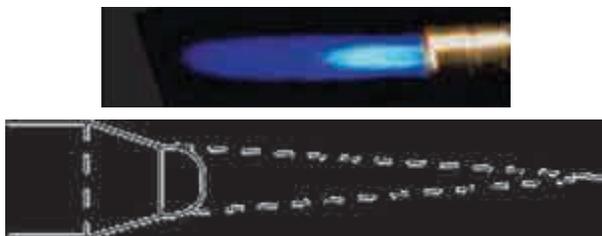


Рис.55. Факел пламени горелки, насыщенный кислородом
(бледно-голубого цвета и маленький)

Необходимым условием надежной пайки является чистота поверхности. Перед операцией пайки очищают соединяемые металлические поверхности от грязи безабразивными губками. (Использование абразивных материалов для зачистки строго воспрещено!)

Необходимо предотвратить попадание масла, краски, грязи, смазки и стружек алюминия на поверхность соединяемых металлов, иначе они будут препятствовать попаданию припоя в соединение, смачиванию и соединению припоя с металлическими поверхностями.

Пайка без использования фитингов.

При соединении двух труб одного диаметра в системах холодного и горячего водоснабжения, а также в отопительных установках, где температура теплоносителя не превышает 110°C , можно обойтись без фитинга. С помощью специального приспособления – экспандера – окончание одной из соединяемых труб можно самостоятельно расширить для капиллярной пайки. Такая операция возможна при работе с мягкой или отожженной медью.

Для пайки одну трубку вставляют в другую так, чтобы она входила на длину не менее диаметра внутренней трубы. Между стенками внутренней и наружной труб должен быть зазор $0,025-0,125$ мм (рис. 56).

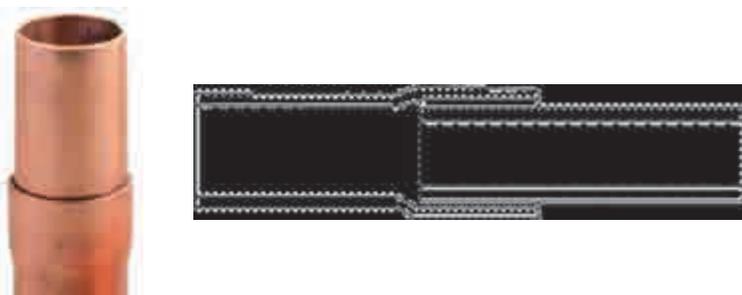


Рис.56. Установка соединяемых пайкой труб

Соединяемые трубы нагревают равномерно по всей окружности и длине соединения. Обе трубы нагревают пламенем горелки в месте соединения, равномерно распределяя теплоту (рис.57), при этом не следует нагревать сам припой. Соединение не должно нагреваться до температуры плавления металла, из которого изготовлены

трубы. Используют горелку соответствующего размера с несколько уменьшающимся пламенем. Перегрев соединения усиливает взаимодействие основного металла с припоем (то есть увеличивает образование химических соединений). В результате, такое взаимодействие отрицательно влияет на срок службы соединения..

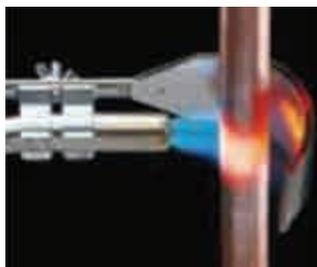


Рис.57. Размещение горелки при пайке труб.

Если вводить в зону пайки припой и пламя горелки одновременно, то соединение нагреется неудовлетворительно. Внутренняя труба достаточно не прогревается, а расплавленный припой не будет затекать в зазор между соединяемыми трубами (*рис.58*).



Рис.58. Распределение припоя в соединении труб:

а - внутренняя труба разогрета до температуры пайки, а наружная труба имеет более низкую температуру;

б - наружная труба разогрета до температуры пайки, а внутренняя труба имеет более низкую температуру;

в - обе трубы разогреты равномерно до температуры пайки

Если равномерно разогревать всю поверхность концов спаиваемых труб, то припой плавится под воздействием их теплоты и равномерно поступает в зазор соединения (*рис.58, в*).

Трубы для пайки достаточно прогреты, если пруток твердого припоя плавится при контакте с ними. Для улучшения пайки, предварительно прогревают пруток припоя пламенем горелки (*рис.59*).

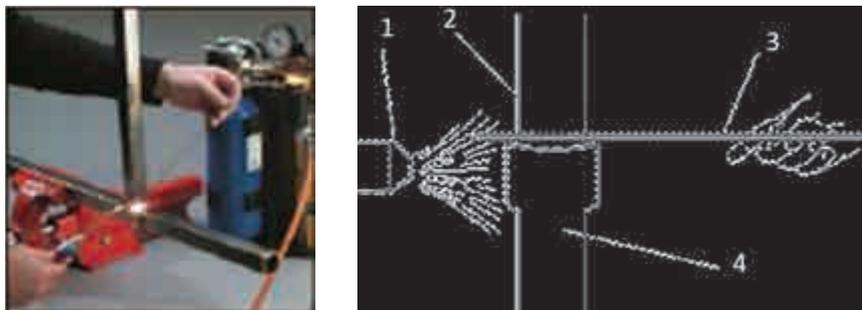


Рис.59. Расположение горелки и прутка припоя при пайке соединения концов труб, нагретых до тусклого вишнево-красного цвета: 1 -горелка; 2 -внутренняя труба; 3 -пруток припоя; 4 -наружная труба

Под воздействием капиллярных сил припой поступает в соединение. Этот процесс протекает хорошо, если поверхность металла чистая, выдержан оптимальный зазор между металлическими поверхностями, концы труб в зоне соединения достаточно нагреты (расплавленный припой течет по направлению к источнику теплоты) (рис.60).



Рис.60. Перемещение припоя в зазоре между трубами при пайке

Соединение меди с латунью с помощью твердого медно-фосфорного припоя.

Выполняют указанные выше операции для соединения меди с медью.

Перед нагревом соединения наносят небольшое количество флюса, чтобы обеспечить смачивание припоя на поверхности латуни.

По завершении операции пайки тщательно удаляют остатки флюса горячей водой и щеткой. Большинство видов флюса вызывают коррозию и должны быть полностью удалены с поверхности соединения.

Соединение стали со сталью, медью, латунью или бронзой с помощью серебряного припоя.

Выполняют указанные выше операции для соединения меди с медью. До нагрева, на соединение наносят флюс для последующего смазывания и перемещения расплавленного припоя в зазоры между соединяемыми деталями.

Нагревают пруток припоя и затем окунают его во флюс. Припой покрывается тонким слоем флюса, что предотвращает образование окисного покрытия на его поверхности (окиси цинка).

По завершении операции пайки тщательно удаляют остатки флюса.

Флюсы

Флюс поглощает определенное количество окислов.

Вязкость флюса увеличивается при насыщении его окислами. Если после пайки остатки флюса не удалять, то это приведет к попаданию его в соединение и со временем может вызвать коррозию и утечку.

При пайке используют минимальное количество флюса, а затем тщательно счищают его остатки после завершения данной операции.

Флюс наносят вдоль поверхности, а не в соединение. Он должен попасть в соединение до припоя.

Правила пайки

Металлические поверхности очищают и обезжиривают.

Проверяют взаимное расположение деталей и зазоры.

Применяют несколько уменьшающееся пламя, которое создает максимальный нагрев, и очищает соединение

При пайке наносят минимальное количество флюса снаружи соединения. При пайке меди с медью при помощи медно-фосфорных припоев флюс не требуется.

Для пайки нагревают соединение равномерно до требуемой температуры.

Припой наносят на соединение. Проверяют его равномерное распределение в соединении, используя для этой цели паяльную горелку. Расплавленный припой течет в сторону более нагретого места соединения.

Остатки флюса тщательно удаляют после пайки.

Важным моментом пайки является быстрое выполнение этой операции. Цикл нагрева должен быть коротким, и следует избегать перегрева.

При пайке необходимо обеспечить соответствующую вентиляцию, так как может появиться вредный для здоровья дым (паров кадмия из припоя и фтористых соединений из флюса).

Использование инертных газов при пайке

При высоких температурах, возникающих при пайке, при соприкосновении трубы с атмосферным воздухом образуются продукты окисления (окалина), Поэтому во время пайки через систему необходимо продувать инертный газ (рис.61).

Подайте в трубу слабый расход сухого азота или другого инертного газа. Не начинайте пайку пока в деталях содержится хоть какое-то количество воздуха.

Начинайте пайку при большом расходе инертного газа. После начала пайки снизьте расход газа до минимума. Поддерживайте этот расход в течении всего процесса пайки. Пайка должна проводиться с использованием кислорода и горючего газа, при небольшом дефиците кислорода и сравнительно большом факеле. Не вводите припой, пока температура соединяемых деталей не достигла температуры плавления припоя.

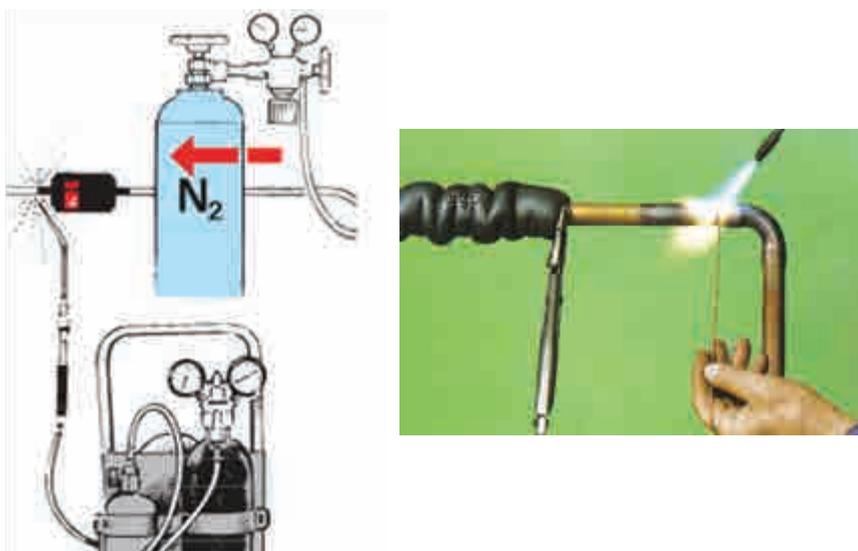


Рис.61. Пайка с использованием инертного газа

8.4. Ручные инструменты, используемые для обслуживания и выполнения различных процедур

Для профессионального обслуживания холодильной техники необходимы специальные инструменты (рис.62). В данный раздел мы включили инструменты, необходимые для замены медных трубок в холодильной установке или при работе с любыми другими трубами.



Рис.62. Инструментальный кейс

Прочие инструменты и оборудование, такие как вакуумный насос, устройства для зарядки хладагентом и т.д. описаны в руководстве для проведения конкретных работ.

Резцы, развертки, развальцовки, клещи и т.д. - основные инструменты, о которых технический работник должен иметь необходимые знания для предотвращения возникновения утечек в системе вследствие плохих раструбов или соединений.

Резец для трубок из твердой и мягкой меди, латуни, алюминия, тонкой стали, монель-металла, нержавеющей стали, стального титана и прочего. Приведенный ниже тип резца спроектирован для определенных условий, для которых использование обычных резцов не применимо (рис.63). Такие резцы рекомендуются для работы с панелями и шкафами управления, морозильными камерами, холодильными установками и т.д.



Рис.63. Небольшие резцы

Резец для трубок из твердой и мягкой меди, латуни, алюминия, тонкой стали, монель-металла, нержавеющей стали, стального титана и пр. Данный тип резца делает чистые нарезки под прямым углом без заусенцев или стружек, забивающих трубки. Обычно используется для труб размером от 1/8» до 1 1/8». У подобного типа резцов наверху так же приспособлена развертка, которая может быть использована при резке труб.

Инструмент для развальцовки расширяет раструбы на 45°С выше штампа, а затем полирует поверхность раструба (рис.64). Инструмент для развальцовки применяется, когда, необходимо сделать новые подсоединения, или повреждении и наличии утечек на старых раструбах трубных соединениях

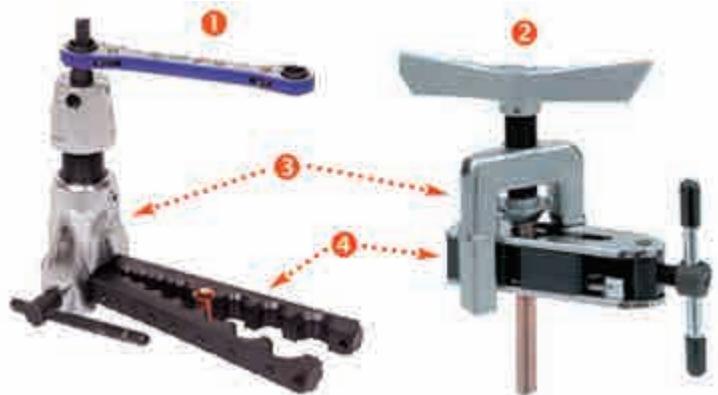


Рис.64. Инструмент для развальцовки

Развертки для использования, как на внутреннем, так и на внешнем краю труб должны применяться при любой резке труб или развальцовке, для предотвращения отложения меди или другого трубного материала в трубах или блокировки трубных отверстий (рис. 65).



Рис.65. Развертка

Клещи для сгибания мягкой меди, латуни, алюминия, стали, нержавеющей стали и прочих материалов позволяют произвести изгибание до 180°С (рис.66). Позволяют достигнуть лучшего потока хладагента внутри труб и улучшают внешний вид установок и труб.



Рис.66. Клещи для сгибания

Трещоточный гаечный ключ с комбинацией размеров, необходимый в работе наладчиков холодильной техники. Используется в монтажных, демонтажных и профилактических работах на холодильных установках.

Расширитель медных труб используется для присоединения труб с одинаковым диаметром (рис.67). В расширенную часть трубы вставляется другая труба и производят пайку.



Рис.67. Расширители медных труб

Вид аппаратов для пайки труб показан на рисунке 68. Основными элементами этих аппаратов являются: кислородный баллон, баллон для горючего газа, присоединительные шланги, горелка и насадки к ней.



Рис.68. Аппарат для пайки



Рис.69. Современный манометрический коллектор

Современный вид манометрического коллектора приведен на рисунке 69. В данном коллекторе расположены манометры низкого (1) и высокого (2) давления, запорные краны и присоединительные штуцеры.

На рисунке 70 показаны баллоны с двумя кранами (У образным клапаном), используемые для извлечения, хранения и заправки хладагентов. В некоторых модификациях баллона имеется специальное приспособление (2), предотвращающее переполнение баллона.



Рис.70. Баллоны для хладагентов

ГЛАВА 9. ОСНОВНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ И СПОСОБЫ УСТРАНЕНИЯ

В этой главе приводятся основные неисправности, встречающиеся в холодильных машинах и кондиционерах, возможные причины и способы устранения этих неисправностей.

9.1. Холодильные машины

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Неисправность компрессора не включается (нет характерного гудения)	1. Нет электропитания	1. Восстановить электропитание
	2. Выключен пускатель	2. Пускатель установить в положение «включено»
	3. Вышел из строя предохранитель	3. Определить причину и заменить предохранитель
	4. Вышел из строя электродвигатель компрессора	4. Заменить электродвигатель
	5. Неисправен пускатель электродвигателя	5. Отремонтировать или заменить пускатель
	6. Разомкнута цепь управления	6. Определить причину и устранить неисправность
	- неисправно реле контроля смазки - неисправно защитное реле - высокая уставка реле температуры - разомкнуты контакты реле низкого давления	- проверить реле контроля смазки - проверить защитное реле - снизить уставку - проверить и отрегулировать давление срабатывания
- разомкнуты контакты реле высокого давления	- проверить и отрегулировать давление срабатывания	
7. Неисправна электропроводка	7. Определить и устранить неисправность	

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Компрессор не включается (защитное реле гудит и срабатывает)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Неправильное соединение электрической схемы 2. Низкое напряжение на клеммах агрегата 3. Вышел из строя пусковой конденсатор 4. Неисправно пусковое реле 5. Перегорел электродвигатель компрессора 6. Механические повреждения компрессора 7. В картер компрессора поступает жидкий хладагент 8. Вышел из строя рабочий конденсатор 9. Не уравнялось давление на линиях нагнетания и всасывания (при длительном отключении агрегата с капиллярной трубкой) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Определить и устранить неисправность 2. Определить причину и устранить неисправность 3. Установить причину и заменить конденсатор 4. Установить причину и заменить пусковое реле 5. Заменить электродвигатель компрессора 6. Заменить компрессор 7. Смонтировать подогреватель картера 8. Установить причину и заменить конденсатор 9. Уравнять давление или применить схему для затрудненного пуска
Компрессор работает, но не отключается пусковая обмотка	<ol style="list-style-type: none"> 1. Неправильное соединение электрической схемы 2. Низкое напряжение на клеммах агрегата 3. Не размыкаются контакты пускового реле 4. Вышел из строя рабочий конденсатор 5. Давление нагнетания выше допустимого 6. Сгорела обмотка электродвигателя 7. Механические повреждения компрессора 8. Неисправно защитное реле 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Устранить неисправность 2. Устранить неисправность 3. Установить причину и заменить пусковое реле 4. Установить причину и заменить конденсатор 5. Открыть вентиль на линии нагнетания или удалить избыток хладагента из системы 6. Заменить компрессор 7. Заменить компрессор 8. Заменить защитное реле

<p>1. Неисправно защитное реле 2. Низкое напряжение на клеммах агрегата 3. Вышел из строя рабочий конденсатор</p>	<p>1. Заменить защитное реле 2. Устранить неисправность 3. Установить причину и заменить конденсатор</p>
<p>4. Избыточное давление на линии нагнетания 5. Низкое давление всасывания</p>	<p>4. Открыть вентиль на линии нагнетания компрессора, удалить избыток хладагента из системы или обеспечить достаточный обдув конденсатора 5. Нормализовать количество хладагента в агрегате. Повысить нагрузку на испаритель</p>
<p>6. Высокое давление всасывания</p>	<p>6. Уменьшить обдув испарителя воздухом. Удалить избыток хладагента из системы. Заменить клапаны компрессора</p>
<p>7. Перегрев корпуса компрессора</p>	<p>7. Нормализовать количество хладагента в агрегате</p>
<p>8. Сгорела обмотка электродвигателя</p>	<p>8. Заменить компрессор</p>
<p>9. Испаритель загрязнен или покрыт льдом</p>	<p>9. Очистить испаритель или увеличить его обдув воздухов</p>
<p>10. Узкий интервал изменения регулировки в реле низкого давления</p>	<p>10. Отрегулировать или заменить реле</p>
<p>11. Узкий интервал изменения регулировки в реле высокого давления</p>	<p>11. Отрегулировать или заменить реле</p>
<p>12. Неисправен водорегулирующий вентиль</p>	<p>12. Очистить, отремонтировать или заменить вентиль</p>
<p>13. Низкий расход воды через конденсатор</p>	<p>13. Произвести профилактику и отремонтировать насос и трубопровод на линии циркуляции воды</p>
<p>14. Неустойчиво работает реле температуры</p>	<p>14. Перемонтировать или заменить реле температуры</p>

Компрессор включается, но работает короткими циклами

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Агрегат работает неравномерно	<ol style="list-style-type: none"> 1. Недостаточное количество хладагента в системе 2. Контакты реле температуры не размыкаются 3. Избыточная тепловая нагрузка на испаритель 4. Обмерзание испарителя 5. Местное сопротивление в схеме циркуляции хладагента 6. Загрязнен конденсатор 7. Слабый обдув испарителя 8. Неэффективная работа компрессора 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Устранить утечку хладагента и дозарядить систему 2. Зачистить контакты или заменить реле температуры 3. Проверить тепловую нагрузку и заменить агрегат на другой, большей производительности 4. Оттянуть испаритель и проверить работу агрегата 5. Устранить причину и устранить местное сопротивление 6. Очистить конденсатор 7. Определить причину и устранить 8. Проверить и/или заменить клапаны компрессора
Потери масла в процессе работы компрессора	<ol style="list-style-type: none"> 1. Масло остается в нагнетательном или всасывающем трубопроводе 2. Недостаточная скорость движения хладагента в вертикальных участках трубопроводов (с движением вверх) 3. В системе недостаточное количество хладагента 4. Жидкий хладагент поступает в компрессор 5. В системе недостаточное количество масла 6. Закупорен TRV или фильтр 7. Компрессор работает короткими циклами 8. Перегрев пара хладагента на входе в компрессор 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Смонтировать трубопроводы таким образом, чтобы создавался необходимый уклон 2. Смонтировать вертикальные участки из трубопроводов другого диаметра или маслоотделитель для возврата масла в компрессор 3. Устранить утечку хладагента и дозарядить систему 4. Отрегулировать TRV, заменить капиллярную трубку 5. Заправить 1 л масла на каждые 7 кг хладагента, добавляемого к заводской зарядке 6. Очистить или заменить TRV или фильтр 7. См. неисправность: «Компрессор включается, но работает короткими циклами» 8. Отрегулировать перегрев или изменить расположение термобаллона TRV

Шум в компрессоре	1. Недостаточное количество масла в компрессоре	1. Добавить масло до требуемого уровня
	2. Вибрация трубопроводов	2. Перемонтировать трубопроводы
	3. Ослаблены крепления	3. Затянуть крепления
	4. В компрессоре избыток масла	4. Уменьшить уровень масла в компрессоре
	5. В компрессор поступает жидкий хладагент	5. Проверить, нет ли протечки хладагента через закрытый клапан TRV
	6. Поврежден сальник вала	6. Проверить уровень масла в компрессоре
	7. Детали компрессора изношены или сломаны	7. Отремонтировать компрессор
	8. Ослаблена муфта привода компрессора	8. Затянуть муфту и проверить соосность валов компрессора и электродвигателя
Низкая производительность агрегата	1. Обмерзание или загрязнение испарителя	1. Оттаять или очистить испаритель
	2. Заклинен или загрязнен TRV	2. Очистить или заменить TRV
	3. Неправильная установка перегрева TRV	3. Отрегулировать TRV
	4. Недостаточная производительность TRV	4. Заменить TRV
	5. Снижение давления в испарителе выше допустимого	5. Отрегулировать TR
	6. Закупорен фильтр или осушитель	6. Очистить или заменить фильтр или осушитель
	7. Жидкий хладагент испаряется в жидкостном трубопроводе	7. Добавить в систему жидкий хладагент или смонтировать теплообменник

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Температура в охлаждаемом помещении выше заданной	1. Уставка реле температуры выше требуемой	1. Произвести регулировку реле температуры
	2. Недостаточная производительность ТРВ	2. Заменить ТРВ
	3. Недостаточная площадь поверхности испарителя	3. Заменить испаритель
	4. Низкий уровень циркуляции воздуха через испаритель	4. Увеличить поток воздуха через испаритель
	5. В системе мало хладагента	5. Устранить утечку и дозарядить систему хладагентом
	6. Закупорен ТРВ	6. Очистить или заменить ТРВ
	7. Компрессор работает неэффективно	7. Проверить исправность компрессора
	8. В трубопроводах хладагента имеется местное сопротивление или они недостаточного диаметра	8. Устранить местное сопротивление или смонтировать трубопроводы большего диаметра
	9. Испаритель загрязнен или покрыт льдом	9. Очистить или оттаять испаритель
Всасывающий трубопровод покрыт льдом или запотевают	1. Низкая уставка перегрева ТРВ	1. Отрегулировать ТРВ
	2. Заключен ТРВ в открытом положении	2. Очистить или заменить ТРВ
	3. Не работает вентилятор испарителя	3. Установить причину и устранить неисправность
	4. Избыток хладагента в системе	4. Выпустить избыточное количество хладагента
Жидкостный трубопровод покрыт льдом или запотевают	1. Закупорен осушитель или фильтр	1. Заменить или очистить осушитель или фильтр
	2. Запорный вентиль жидкостного трубопровода открыт недостаточно	2. Открыть вентиль

Перевернуть трубу, чтобы проверить жидкость	1. Неправильно отрегулирован TRV	1. Отрегулировать TRV
	2. В системе недостаточное количество хладагента	2. Устранить утечку и дозарядить систему хладагентом
При работе агрегата верхняя часть конденсатора холодная	1. В системе недостаточное количество хладагента	Устранить утечку и дозарядить систему хладагентом
	2. Компрессор работает неэффективно	2. Проверить компрессор и устранить неисправность
Корпус TRV покрыт инеем, и в испарителе вакуум	1. Клапан TRV засорен льдом	1. Разморозить TRV мокрой горячей тканью. Если давление всасывания повышается (что свидетельствует о наличии влаги), то необходимо смонтировать новый осушитель
	2. Закупорен фильтр TRV	2. Очистить фильтр или заменить TRV
Давление нагнетания выше допустимого	1. В системе избыточное количество хладагента	1. Удалить часть хладагента
	2. В системе имеется воздух	2. Удалить воздух
	3. Загрязнен конденсатор	3. Произвести очистку конденсатора
	4. Агрегат смонтирован в теплом помещении	4. Перенести агрегат в прохладное помещение
	5. Закупорен водяной конденсатор	5. Произвести замену (очистку) конденсатора
	6. В конденсатор поступает теплая вода	6. Отрегулировать вентиль подачи воды
	7. Прекратилась подача охлаждающей воды	7. Восстановить подачу воды

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Низкое давление нагнетания	<ol style="list-style-type: none"> 1. Количество хладагента в системе ниже допустимого 2. В месте размещения агрегата пониженная температура воздуха 3. В конденсатор поступает очень холодная вода 4. Неисправны клапаны компрессора 5. Протечка хладагента через клапан возврата масла в маслоотделителе 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Устранить причину утечки хладагента и дозарядить систему 2. Обеспечить поступление теплого воздуха для обдува конденсатора 3. Уменьшить подачу воды через водорегулирующий вентиль 4. Произвести замену клапанов 5. Заменить клапан или маслоотделитель
Высокое давление всасывания	<ol style="list-style-type: none"> 1. Перегрузка испарителя 2. Заклинивание TRV в открытом положении 3. Высокая производительность TRV 4. Через всасывающие клапаны происходит протечка пара хладагента 5. Площадь поверхности испарителя больше требуемой 	<ol style="list-style-type: none"> 1. См. неисправность: «Агрегат работает непрерывно» 2. Отремонтировать или заменить TRV 3. Заменить TRV 4. Заменить всасывающие клапаны или компрессор 5. Заменить испаритель

Низкое давление всасывания	1. В системе мало хладагента	1. Устранить причину утечки хладагента и дозарядить систему
	2. Слабая тепловая нагрузка на испаритель	2. Испаритель оттаять или очистить
	3. Фильтр жидкостного трубопровода засорен	3. Очистить или заменить фильтр
	4. Закупорен TRV	4. Очистить или заменить TRV
	5. Отказ в работе термосистемы TRV	5. Заменить TRV
	6. В охлаждаемом помещении температура ниже допустимой нормы	6. Реле температуры отрегулировать или заменить
	7. Производительность TRV недостаточна	7. Заменить TRV
	8. Значительное снижение давления в испарителе	8. Проверить линию внешнего уравнивания TRV
	9. Производительность компрессора выше требуемой	9. Заменить компрессор
Давление масла в компрессоре понижается	1. Потери масла в процессе работы компрессора	1. См. неисправность: «Потери масла в процессе работы компрессора»
	2. Неисправен масляный насос	2. Отремонтировать или заменить масляный насос
	3. Закупорен фильтр на входе в масляный насос	3. Очистить или заменить фильтр
Переорено пусковое реле	1. Компрессор работает короткими циклами	1. См. неисправность: «Компрессор включается, но работает короткими циклами»
	2. Пусковое реле неправильно подключено	2. Подключить реле согласно схеме
	3. Вибрация реле	3. Реле жестко закрепить
	4. Реле не соответствует мощности двигателя	4. Заменить реле
	5. Рабочий конденсатор не соответствует мощности двигателя	5. Заменить конденсатор
	6. Повышенное напряжение в сети	6. Обеспечить напряжение в сети не более чем на 10% выше номинального
	7. Низкое напряжение в сети	7. Обеспечить напряжение в сети не более чем на 10% ниже номинального

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Заклиниены контакты пускового реле	<ol style="list-style-type: none"> 1. Агрегат работает короткими циклами 2. Неисправны резистор или конденсатор 	<ol style="list-style-type: none"> 1. См. неисправность: «Компрессор включается, но работает короткими циклами» 2. Заменить резистор или конденсатор
Перегорел пусковой конденсатор	<ol style="list-style-type: none"> 1. Компрессор работает короткими циклами 2. При включении компрессора пусковая обмотка электродвигателя долго не отключается 3. Заклинены контакты пускового реле 4. Конденсатор не соответствует мощности двигателя 	<ol style="list-style-type: none"> 1. См. неисправность: «Компрессор включается, но работает короткими циклами» 2. Уменьшить пусковую нагрузку 3. Заменить реле 4. Заменить конденсатор
Перегорел рабочий конденсатор	<ol style="list-style-type: none"> 1. Повышенное напряжение в сети 2. Конденсатор не соответствует мощности двигателя 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обеспечить напряжение в сети не более чем на 10% выше номинального 2. Заменить конденсатор
Испаритель обмерзает, а затем оттаивает (во время работы машины)	Влага в системе	Отвакуумировать систему, осушить, перезарядить хладагент

Испаритель покрыт льдом	
1. Автоматическое реле оттаивания работает неустойчиво или неисправно	1. Заменить реле
2. Неправильное подключение автоматического реле оттаивания	2. Проверить и исправить присоединение проводов к реле
3. Неисправен температурный датчик оттаивания	3. Заменить реле
4. Неправильно установлен температурный датчик реле оттаивания	4. Перемонтировать датчик
5. Низкая температура испарителя при включении системы оттаивания	5. Заменить или отрегулировать температурный датчик реле оттаивания
6. Перегорела катушка электромагнитного вентиля на линии оттаивания	6. Заменить катушку
7. Заклинен электромагнитный вентиль на линии оттаивания	7. Отремонтировать или заменить вентиль
8. Байпасная линия горячего пара хладагента имеет сужения или закупорена	8. Заменить линию
9. Неисправен дверной выключатель морозильного отделения	9. Заменить выключатель
10. Неисправен вентилятор морозильного отделения	10. Очистить вентилятор или заменить его электродвигатель
11. Перегорел нагревательный элемент для оттаивания инея с испарителя	11. Заменить нагревательный элемент
12. Перегорел подогреватель желоба или поддона для талой воды	12. Заменить подогреватель
13. Закупорен сливной трубопровод талой воды	13. Прочистить сливной трубопровод

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
<p>Машина не переключается с режима оттаивания в режим охлаждения</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Неправильное присоединение автоматического реле оттаивания 2. Неисправно автоматическое реле оттаивания 3. Слишком высокая температура испарителя при выключении реле оттаивания 4. Электромагнитный вентиль на линии оттаивания заклинен в открытом положении 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Проверить и исправить подсоединение проводов к реле 2. Заменить реле оттаивания 3. Заменить или отрегулировать реле 4. Очистить или заменить электромагнитный вентиль
<p>Вода собирается внизу холодильника</p>	<ol style="list-style-type: none"> 5. Низкая температура окружающего воздуха (ниже 13°C) 1. Закупорен сливной трубопровод 2. В сливном трубопроводе замерзла талая вода 3. Желоб слива талой воды поврежден 4. Протечка воды между желобом и уплотнением шкафа 5. Деформировано уплотнение дверей отделения для свежих продуктов 	<ol style="list-style-type: none"> 5. Установить агрегат в теплое помещение или обеспечить подогрев воздуха 1. Очистить сливной трубопровод 2. Проверить, отремонтировать или заменить подогреть 3. Заменить желоб 4. Уплотнить зазор 5. Заменить уплотнение
<p>Конденсат на наружной поверхности шкафа</p>	<ol style="list-style-type: none"> 6. Неправильно смонтирована заслонка испарителя 7. Неправильно установлен поддон для сбора талой воды 8. Неудовлетворительное уплотнение двери 	<ol style="list-style-type: none"> 6. Перемонтировать заслонку 7. Установить поддон для сбора талой воды правильно 8. Отрегулировать петли или заменить уплотнительный профиль
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Нарушено уплотнение двери 2. Перегорел ленточный нагреватель 3. Нет контакта в клемме, подводящего напряжение провода с ленточным нагревателем 4. Высокая влажность окружающего воздуха 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отрегулировать петли двери или заменить уплотнительный профиль 2. Заменить ленточный нагреватель 3. Затянуть клемму

Вода или лед собираются внизу морозильного отделения	1. Дренажный трубопровод закупорен осадком минеральных солей	1. Продуть трубопровод сжатым воздухом и промыть чистой водой
	2. Закупорен сливной трубопровод	2. Прочистить трубопровод
	3. Перегорел подогреватель желоба талой воды	3. Заменить подогреватель
Высокая температура в отделении для свежих продуктов	1. В отделение подается недостаточное количество охлажденного воздуха	1. Отрегулировать подачу воздуха
	2. Высокая уставка реле температуры	2. Отрегулировать реле температуры
	3. Плохой контакт термобаллона реле температуры с испарителем	3. Обеспечить плотный контакт
	4. Неисправное реле температуры	4. Заменить реле температуры
Не работает схема оттаивания	1. Неисправен электродвигатель реле времени оттаивания	1. Заменить реле времени
	2. Не работает нагреватель системы оттаивания	2. Заменить нагреватель
	3. Неисправен датчик температуры окончания оттаивания	3. Заменить датчик температуры

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Неисправность в морозильном отделении	1. Высокая уставка реле температуры	1. Отрегулировать реле температуры
	2. Неисправное реле температуры	2. Заменить реле температуры
	3. Не работает электродвигатель вентилятора	3. Освободить крыльчатку или заменить электродвигатель вентилятора
	4. Испаритель покрыт льдом	4. См. неисправность: «Испаритель покрыт льдом»
	5. Не выключается освещение в морозильном отделении	5. Устранить неисправность контактного выключателя
	6. Недостаточное уплотнение двери морозильного отделения	6. Отрегулировать петли двери или заменить уплотнительный профиль
	7. Неисправен выключатель двери морозильного отделения	7. Заменить выключатель
	8. Неисправно автоматическое реле оттаивания	8. Заменить реле оттаивания
	9. Перегорела катушка электромагнитного вентиля на линии оттаивания	9. Заменить катушку
	10. Сужен трубопровод подачи горячего пара хладагента для оттаивания	10. Заменить трубопровод горячего пара хладагента
	11. Нет плотного контакта провода с клеммой электромагнитного вентиля или автоматического реле оттаивания	11. Затянуть клемму
	12. Большая тепловая нагрузка в морозильном отделении	12. Проинструктировать потребителя
	13. Перегорел подогреватель желоба талой воды	13. Заменить подогреватель
	14. Низкая температура окружающего воздуха в помещении	14. Переставить шкаф в другое место или обеспечить подогрев воздуха
	15. Продукты на полках препятствуют циркуляции воздуха	15. Проинструктировать потребителя

Слишком высокая температура в холодильном отделении	<ol style="list-style-type: none"> 1. Недостаточное количество хладагента в системе 2. Компрессор работает неэффективно 3. Слишком высокая уставка реле температуры 4. Загрязнен воздушный конденсатор 5. Неисправен электродвигатель вентилятора воздушного конденсатора 6. Неисправен вентилятор морозильного отделения 7. Неисправен вентилятор отделения для свежих продуктов 8. Неисправен дверной выключатель морозильного отделения 9. Слабое уплотнение двери 10. Неправильно смонтирована заслонка испарителя 11. Продукты на полках препятствуют циркуляции воздуха 12. Повышена тепловая нагрузка в холодильном отделении 13. Загрязнены фильтр ТРВ, фильтр-осушитель или капиллярная трубка 14. Испаритель морозильного отделения покрыт льдом 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Устранить утечку хладагента и дозарядить систему 2. Заменить компрессор 3. Отрегулировать реле температуры 4. Очистить конденсатор 5. Заменить электродвигатель 6. Освободить крыльчатку или заменить электродвигатель вентилятора 7. Освободить крыльчатку или заменить электродвигатель вентилятора 8. Заменить выключатель 9. Отрегулировать петли двери или заменить уплотнительный профиль 10. Перемонтировать заслонку 11. Проинструктировать потребителя 12. Проинструктировать потребителя 13. Заменить загрязненный узел, зарядить хладагент в систему 14. См. неисправность: «Испаритель покрыт льдом»
---	--	--

9.2. Установки кондиционирования воздуха

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
агрегат не работает	<ol style="list-style-type: none"> 1. Перегорел предохранитель 2. Не замыкаются контакты реле температуры 3. Перегорел предохранитель трансформатора 4. Перегорел трансформатор 5. Неисправна электропроводка 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Заменить предохранитель 2. Настроить реле на заданную температуру 3. Заменить предохранитель 4. Заменить трансформатор 5. Устранить неисправность электропроводки или затянуть клеммы соединений
агрегат не работает	<ol style="list-style-type: none"> 1. Перегорел предохранитель агрегата 2. Высокая уставка реле температуры 3. Перегорела катушка пускателя 4. Подгорели контакты пускателя 5. Разомкнуты контакты защитного реле компрессора 6. Реле высокого давления отключает агрегат 7. Реле низкого давления отключает агрегат 8. Неисправна электропроводка или не затянуты клеммы соединений 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Заменить предохранитель 2. Отрегулировать реле температуры 3. Заменить катушку 4. Заменить контакты 5. Определить причину и устранить перегрузку 6. См. неисправность: «Высокое давление нагнетания» 7. См. неисправность: «Низкое давление всасывания» 8. Устранить неисправность электропроводки или затянуть клеммы соединений

Компрессор не включается	1. Неисправны контакты пускателя	1. Заменить контакты
	2. Разомкнуты контакты защитного реле компрессора	2. Определить причину и устранить перегрузку
	3. Сгорел пусковой конденсатор	3. Заменить пусковой конденсатор
	4. Неисправно пусковое реле	4. Заменить пусковое реле
	5. Сгорел рабочий конденсатор	5. Заменить рабочий конденсатор
	6. Перегорел электродвигатель компрессора	6. Отремонтировать электродвигатель или заменить компрессор
	7. Компрессор заклинен	7. Заменить компрессор
Электродвигатель вентилятора не включается	1. Неисправна электропроводка или не затянуты клеммы соединений	1. Устранить неисправность электропроводки или затянуть клеммы соединений
	2. Перегорел электродвигатель вентилятора	2. Заменить электродвигатель вентилятора
	3. Изношены подшипники электродвигателя вентилятора	3. Заменить подшипники или электродвигатель
Компрессор гудит, но не работает	1. Сгорел пусковой конденсатор	1. Заменить пусковой конденсатор.
	2. Неисправно пусковое реле	2. Заменить пусковое реле
	3. Перегорел электродвигатель компрессора	3. Отремонтировать или заменить компрессор
	4. Компрессор заклинен	4. Заменить компрессор
	5. Неисправны контакты пускателя	5. Заменить контакты
	6. Низкое напряжение в электросети	6. Определить причину и устранить неисправность

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Компрессор работает циклично, но с перерывкой	1. Неисправен пусковой конденсатор	1. Заменить пусковой конденсатор
	2. Неисправно пусковое реле	2. Заменить пусковое реле
	3. Неисправен рабочий конденсатор	3. Заменить рабочий конденсатор
	4. Недостаточная мощность защитного реле	4. Заменить защитное реле
	5. Неисправны контакты пускателя	5. Заменить контакты
	6. Низкое напряжение в электросети	6. Определить причину и устранить неисправность
	7. Перегорел электродвигатель компрессора	7. Отремонтировать или заменить компрессор
	8. Избыток хладагента в системе	8. Выпустить избыточное количество хладагента
	9. Недостаточное количество хладагента в системе	9. Устранить утечку хладагента и дозарядить систему
	10. Высокое давление всасывания	10. Снизить тепловую нагрузку на испаритель или отремонтировать компрессор
	11. Воздух или неконденсирующиеся газы в системе	11. Выпустить воздух или неконденсирующиеся газы
Реле высокого давления отключает компрессор	1. Избыток хладагента в системе	1. Выпустить избыточное количество хладагента
	2. Загрязнен конденсатор	2. Очистить конденсатор
	3. Проскальзывает ремень вентилятора конденсатора	3. Заменить или натянуть ремень вентилятора
	4. Не работает электродвигатель вентилятора конденсатора	4. См. неисправность: «Электродвигатель вентилятора конденсатора не включается»
	5. Воздух или неконденсирующиеся газы в системе	5. Выпустить воздух или неконденсирующиеся газы

Компрессор работает циклично, его отключение происходит от реле низкого давления	<ol style="list-style-type: none"> 1. Недостаточное количество хладагента в системе 2. Загрязнен или неисправен ТРВ 3. Неисправна термосистема ТРВ 4. Загрязнен фильтр 5. Загрязнен испаритель 6. Проскальзывает ремень вентилятора испарителя 7. Не работает вентилятор испарителя 8. Местное сопротивление в схеме циркуляции хладагента 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Устранить утечку хладагента и дозарядить систему 2. Очистить или заменить ТРВ 3. Заменить ТРВ 4. Очистить или заменить фильтр 5. Очистить испаритель 6. Заменить или натянуть ремень вентилятора 7. См. неисправность: «Вентилятор испарителя не работает» 8. Определить причину и устранить местное сопротивление
Шум в компрессоре	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ослаблены стопорные болты 2. Недостаточное количество масла в компрессоре 3. Неисправны клапаны компрессора 4. Неправильная уставка перегрева ТРВ 5. Заклинен ТРВ 6. Плохой контакт термобаллона ТРВ и всасывающего трубопровода 7. Избыток хладагента в системе (установка с капиллярной трубкой) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Затянуть болты 2. См. неисправность: «Унос масла из компрессора» 3. Заменить клапаны или клапанную доску 4. Отрегулировать ТРВ 5. Заменить ТРВ 6. Обеспечить плотный контакт 7. Выпустить избыточное количество хладагента
Утечка масла из компрессора	<ol style="list-style-type: none"> 1. Недостаточное количество хладагента в системе 2. Низкое давление всасывания 3. Заклинен ТРВ в открытом положении 4. Местное сопротивление в системе 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Устранить утечку и дозарядить в систему хладагент и масло 2. См. неисправность: «Низкое давление всасывания» 3. Заменить ТРВ 4. Определить причину и устранить местное сопротивление

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Нет охлаждения, компрессор работает неправильно	<ol style="list-style-type: none"> 1. Недостаточно количество хладагента в системе 2. Неисправны клапаны компрессора 3. Высокое давление всасывания 4. Воздух или неконденсирующиеся газы в системе 5. Неправильная уставка перегрева TRV 6. Загрязнен или неисправен TRV 7. Загрязнен испаритель 8. Загрязнен воздушный фильтр 9. Проскальзывает ремень вентилятора испарителя 10. Местное сопротивление в линии циркуляции хладагента 11. Загрязнен конденсатор 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Устранить утечку хладагента и дозарядить систему 2. Заменить клапаны, клапанную доску или компрессор 3. См. неисправность: «Высокое давление всасывания» 4. Выпустить воздух или неконденсирующиеся газы 5. Отрегулировать TRV 6. Заменить TRV 7. Очистить испаритель 8. Очистить или заменить фильтр 9. Заменить или натянуть ремень вентилятора 10. Определить причину и устранить местное сопротивление 11. Очистить конденсатор
Установка выдает много холода; компрессор работает непрерывно	<ol style="list-style-type: none"> 1. Низкая уставка реле температуры 2. Реле температуры размещено неправильно 3. Неисправна электропроводка 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отрегулировать реле температуры 2. Перемонтировать реле температуры 3. Устранить неисправность электропроводки

В компрессор поступает жидкий хладагент (уставка с капиллярной трубкой)	1. Избыток хладагента в системе	1. Выпустить избыточное количество хладагента
	2. Высокое давление нагнетания	2. См. неисправность: «Высокое давление нагнетания»
	3. Загрязнен испаритель	3. Очистить испаритель
	4. Проскальзывает ремень вентилятора испарителя	4. Заменить или натянуть ремень
	5. Загрязнен воздушный фильтр	5. Очистить или заменить фильтр
	6. Не работает вентилятор испарителя	6. См. неисправность: «Вентилятор испарителя не работает»
В компрессор поступает жидкий хладагент (уставка с TRV)	1. Неправильная уставка перегрева TRV	1. Отрегулировать TRV
	2. Заклинен TRV в открытом положении	2. Заменить TRV
	3. Плохой контакт между термобаллоном TRV и всасывающим трубопроводом	3. Обеспечить плотный контакт
	4. Избыток хладагента в системе	4. Выпустить избыточное количество хладагента
	5. Низкая температура воздуха в помещении	5. Отрегулировать реле температуры
Высокое давление нагнетания	1. Избыток хладагента в системе	1. Выпустить избыточное количество хладагента
	2. Высокая температура окружающей среды	2. Обеспечить подачу более холодного воздуха к конденсатору
	3. Воздух или неконденсирующиеся газы в системе	3. Выпустить воздух или неконденсирующиеся газы
	4. Повышена тепловая нагрузка на испаритель	4. Снизить нагрузку
	5. Загрязнен конденсатор	5. Очистить конденсатор
	6. Не работает электродвигатель вентилятора конденсатора	6. См. неисправность: «Электродвигатель вентилятора конденсатора не включается»
	7. Проскальзывает ремень вентилятора конденсатора	7. Заменить или натянуть ремень вентилятора

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Низкое давление нагнетания	1. Недостаточное количество хладагента в системе	1. Устранить утечку хладагента и дозарядить систему
	2. Неисправны клапаны компрессора	2. Заменить клапаны, клапанную доску или компрессор
	3. Низкое давление всасывания	3. См. неисправность: «Низкое давление всасывания»
	4. Конденсатор обдувается холодным воздухом	4. Обеспечить подачу более теплого воздуха
Высокое давление всасывания	1. Неисправны клапаны компрессора	1. Заменить клапаны, клапанную доску или компрессор
	2. Избыток хладагента в системе	2. Выпустить избыточное количество хладагента
	3. Высокое давление нагнетания	3. См. неисправность: «Высокое давление нагнетания»
	4. Высокая температура рециркуляционного воздуха	4. Снизить температуру рециркуляционного воздуха
	5. Повышена тепловая нагрузка	5. Снизить нагрузку
	6. Заклинен ТРВ в открытом положении	6. Очистить или заменить ТРВ

Низкое давление всасывания	1. Недостаточное количество хладагента в системе	1. Устранить утечку хладагента и дозарядить систему
	2. Низкая температура рециркуляционного воздуха	2. Повысить уставку реле температуры
	3. Неправильная уставка перегрева TRV	3. Отрегулировать TRV
	4. Загрязнен или неисправен TRV	4. Очистить или заменить TRV
	5. Неисправна термосистема TRV	5. Заменить TRV
	6. Проскальзывает ремень вентилятора испарителя	6. Заменить или натянуть ремень
	7. Не работает вентилятор испарителя	7. См. неисправность: «Вентилятор испарителя не работает»
	8. Местное сопротивление в линии циркуляции хладагента	8. Определить причину и устранить местное сопротивление
	9. Загрязнен воздушный фильтр	9. Очистить или заменить фильтр
	10. Загрязнен испаритель	10. Очистить испаритель
	11. Обмерзание испарителя	11. См. неисправность: «Испаритель обмерзает»
	12. Засорена капиллярная трубка	12. Заменить капиллярную трубку
Вентилятор испарителя не работает	1. Перегорел предохранитель	1. Заменить предохранитель
	2. Неисправно реле вентилятора испарителя	2. Заменить реле вентилятора
	3. Перегорел электродвигатель вентилятора испарителя	3. Заменить электродвигатель вентилятора
	4. Поврежден ремень вентилятора	4. Заменить ремень
	5. Неисправна электропроводка или не затянуты клеммы соединений	5. Устранить неисправность электропроводки или затянуть клеммы соединений

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Испаритель замерзает	1. Недостаточное количество хладагента в системе	1. Устранить утечку хладагента и зарядить систему
	2. Низкое давление всасывания	2. См. неисправность: «Низкое давление всасывания»
	3. Низкая температура рециркуляционного воздуха	3. Повысить уставку реле температуры
	4. Вентилятор испарителя не работает	4. См. неисправность: «Вентилятор испарителя не работает»
	5. Проскальзывает ремень вентилятора испарителя	5. Заменить или натянуть ремень
	6. Местное сопротивление в линии циркуляции хладагента	6. Определить причину и устранить местное сопротивление
	7. Загрязнен воздушный фильтр	7. Очистить или заменить фильтр
	8. Загрязнен испаритель	8. Очистить испаритель
	9. Загрязнен или неисправен TRV	9. Очистить или заменить TRV
Высокие эксплуатационные расходы	1. Неисправны клапаны компрессора	1. Заменить клапаны, клапанную доску или компрессор
	2. Недостаточно хладагента в системе	2. Устранить утечку хладагента и дозарядить систему
	3. Избыток хладагента в системе	3. Выпустить избыточное количество хладагента
	4. Загрязнен конденсатор	4. Очистить конденсатор
	5. Загрязнен испаритель	5. Очистить испаритель
	6. Загрязнен воздушный фильтр	6. Очистить или заменить фильтр
	7. Высокое давление нагнетания	7. См. неисправность: «Высокое давление нагнетания»
	8. Проскальзывает ремень вентилятора испарителя или конденсатора	8. Заменить или натянуть ремень

Основные физические величины

Давление	Мощность
1 бар = 100 кПа = 100 000 Н/м ² = 10 200 мм.вод.ст.	1 кВт = 0,736 л.с. = 860 ккал/ч = 102 кгс · м/с
1 бар = 1,0197 кг/см ³ = 0,9869 атм = 750,06 мм.рт.ст.	1 кВт = 3 414 БТЕ/ч (ВТУ/ч) = 0,2846 тон (США)
1 атм. = 760 мм.рт.ст. = 1,013 бар	1 л.с. = 0,736 кВт (кДж/с)
1 PSI = 0,06895 бар = 0,06805 атм.	1 ккал/ч = 1,163 Вт
1 Н/м ³ (Па) = 0,00001 бар	1 БТЕ/ч (ВТУ/ч) = 0,293 Вт
1 мм.рт.ст. = 0,00133 бар	1 тон (США) = 3,513 кВт (кДж/с)
1 мм.вод.ст. = 0,0000981 бар	1 кгс · м/с = 0,009804 кВт (кДж/с)
Теплопередача с поверхности	Теплопроводность
1 Дж/(м ³ · с · К) = 0,1761 БТЕ/ (кв.фут · ч · °F)	1 Дж/(м · с · К) = 1 Вт/(м · К) = 0,86 ккал/(м · ч · °C)
1 Дж/(м ² · с · К) = 1 Вт/(м ² · К) = 0,86 ккал/(м ² · ч · °C)	1 Дж/(м · с · К) = 0,578 БТЕ/ (фут · ч · °F)
1 ккал/(м ² · ч · °C) = 1,163 Дж/(м ² · с · К)	1 ккал/(м · ч · °C) = 1,163 Дж/(м · с · К)
1 ккал/(м · ч · °C) = 0,205 БТЕ/ (фут ² · ч · °F)	1 ккал/(м · ч · °C) = 0,6719 БТЕ/ (фут · ч · °F)
1 БТЕ/(фут ² · ч · °F) = 5,68 Дж/ (м ³ · с · К)	1 БТЕ/(фут · ч · °F) = 1,73 Дж/(м · с · К)
1 БТЕ/(фут ² · ч · °F) = 4,88 ккал/ (м ² · ч · °C)	1 БТЕ/(фут · ч · °F) = 1,488 ккал/ (м · ч · °C)
Энергия, работа, количество тепла	Объемная холодопроизводительность
1 Дж = 107 эрг = 1 Н · м = 1 Вт · с = 0,378 · 10 ⁻⁶ л.с · ч	1 Дж/м ³ = 0,239 ккал/м ³ = 0,02685 БТЕ/фут ³
1 Дж = 0,239 · 10 ⁻³ ккал = 0,102 кгс · м	1 ккал/м ³ = 4,1868 Дж/м ³ = 0,1123 БТЕ/фут ³
1 Дж = 0,278 · 10 ⁻⁴ кВт · ч = 0,948 · 10 ⁻³ БТЕ (ВТУ)	1 БТЕ/фут ³ = 37,253 Дж/ (м ³ = 8,9 ккал/м ³)
1 ккал = 4,19 кДж = 1,163 · 10 ⁻³ кВт · ч	Удельная энтропия и теплоемкость
1 ккал = 1,163 · 10 ⁻³ л.с. · ч = 3,968 БТЕ(ВТУ)	1 кДж/(кг · К) = 0,239 ккал/(кг · °C)
1 кВт · ч = 3600 кДж = 806 ккал = 1,36 л.с. · ч	1 кДж/(кг · К) = 0,239 БТЕ/(фунт · °F)
1 л.с. = 2650 кДж = 632,3 ккал = 0,7353 кВт · ч	1 ккал/(кг · °C) = 4,19 кДж/(кг · К) = 1 БТЕ/(фунт · °F)

Длина	Площадь
1 м = 39,57 дюйм = 3,2808 фут = 1,0936 ярд	1 м ² = 1 549,9 дюйм ² = 10,8 · 10 ⁻⁴ фут ²
1 дюйм (in) = 0,0254 м = 2,54 см	1 кв. дюйм = 6,4516 см ²
1 фут (ft) = 12 дюймов = 0,3048 м	1 кв. фут = 0,0929 м ²
1 ярд = 3 фута = 0,9143 м	1 кв. ярд = 0,8361 м ²
1 миля = 1,760 ярда = 1 609 м	1 акр = 4067,87 м ²
1 морская миля = 1 853 м	1 кв. миля = 2,59 км ²
Объем	Плотность
1 м ³ = 1 000 дм ³ = 1 000 л = 1 000 000 см ³	1 кг/м ³ = 0,001 кг/дм ³ = 0,001 кг/л
1 м ³ = 61 024 дюйм ³ = 35,31 фут ³	1 кг/м ³ = 0,03613 · 10 ⁻³ фунт/куб.дюйм
1 м ³ = 220 галлон (брит) = 264,2 галлон (США)	1 кг/м ³ = 0,06243 фунт/куб.фут
1 дюйм ³ = 16,4 см ³ = 16,4 · 10 ⁻³ дм ³ = 16,4 · 10 ⁻⁴ м ³	1 фунт/куб.дюйм = 27,6797 кг/л = 27679,7 кг/м ³
1 фут-28 320 см-28,32 дм 28,3-10-м	1 фунт/куб.фут = 0,01602 кг/л = 16,02 кг/м ³
1 галлон (брит) = 4 546 см ³ = 4,546 дм ³ = 4,55 · 10 ⁻³ м ³	
1 галлон (США) = 3 785 см ³ = 3,785 дм ³ = 3,79 · 10 ⁻³ м ³	

Список источников

1. П.Жаккар, С.Сандр.Пособие для холодильщиков-практиков (основные понятия, типовые значения параметров, наладка и ремонт холодильных установок). ЗАО «Остров», 2003.- 265 с.
2. Современные холодильники. Под ред. А.В. Родина и Н.А. Тюнина. – М.: СОЛОН – ПРЕСС, 2008. – 96 с.
3. Цуранов О.А., Крысин А.Г. Холодильная техника и технология. – М.: – СПб.: Лидер. 2004. – 448 с.
4. Лашутина Н.Г., Верхова Т.А., Сuedов В.П. Холодильные машины и установки. – М.: КолосС, 2006. – 440 с.
5. Курьлев Е.С., Оносовский В., Румянцев Ю.Д. Холодильные установки. – СПб. – 2004. – 576 с.
6. Румянцев Ю.Д., Калюнов В.С. Холодильная техника. – СПб.: Профессия. 2003. – 360 с.
7. <http://www.kriogen.ru>
5. <http://www.xolodilshik.ru>
6. <http://www.froz.ru>

Основы холодильной техники и технического обслуживания холодильных систем

Руководство для технических специалистов - холодильщиков

Редактор: Д. Таирова

Лицензия AI №263 31.12.2014. Подписано в печать 20.01.2017.

Формат: 60x90 1/16. Гарнитура «Calibri». Печать офсетная.

Усл.п.л. 11,1. Уч.изд.л. 14,0.

Тираж 500 экз.

Издательство “Baktria press”

г. Ташкент, 100000, Буюк Ипак Йули мавзеси 15-25.

Тел/факс.: +998 (71) 233-23-84

Отпечатано в типографии MEGA BASIM

ISBN 978-9943-4815-2-7



9 789943 481527