

Холодильная

техника

и кондиционирование

воздуха



Б. К. Лэнгли

Холодильная техника
и кондиционирование
воздуха

Refrigeration and Air Conditioning

Billy C. Langley

Reston Publishing Company, Inc.
A Prentice-Hall Company
Reston, Virginia

Б. К. Лэнгли

Холодильная техника и кондиционирование воздуха

Под редакцией Л. Г. КАПЛАН
Перевод с английского М. Б. РОЗЕНБЕРГА

МОСКВА
«ЛЕГКАЯ И ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ»
1984

ББК 31.392

Л 22

УДК 621.565+628.84

Л22

Лэнгли Б. К.

Холодильная техника и кондиционирование воздуха. Пер. с англ.— М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1981 — 480 с.

Рассмотрены теоретические основы холодильной техники, компрессоры, основные теплообменные и вспомогательные аппараты, трубопроводы и арматура, электрооборудование, холодильные агенты, используемые в холодильных машинах и установках кондиционирования воздуха. Описаны бытовые холодильники и кондиционеры, торговое холодильное оборудование, приборы регулирования. Особое внимание уделено вопросам монтажа и обслуживания оборудования, правилам безопасности.

Книга предназначена для механиков и инженерно-технических работников, занимающихся монтажом и техническим обслуживанием холодильного оборудования и установок кондиционирования воздуха.

Таблиц 29. Иллюстраций 398.

Л $\frac{30316-073}{044(01)-81}$ 73-81 (П. П.) 2303050000

ББК 31.392
6П2.28

© 1978 by Reston Publishing Company, Inc. A Prentice-Hall Company Reston, Virginia 22090

© Предисловие, перевод на русский язык издательство «Легкая и пищевая промышленность», 1981 г.

Предисловие к русскому изданию

Предлагаемая вниманию советских читателей книга известного американского специалиста Б. К. Лэнгли является учебным пособием для механиков и техников по монтажу и обслуживанию холодильных установок и систем кондиционирования воздуха и одновременно практическим руководством для работы с этим оборудованием.

Книга охватывает в основном наиболее распространенные малые холодильные установки и кондиционеры, применяемые в предприятиях торговли, общественного питания, в быту и автомобильном транспорте.

В книге рассмотрены теоретические основы холодильной техники и кондиционирования воздуха, даются термодинамические, теплофизические и другие свойства основных холодильных агентов, которые определяют конструктивные и эксплуатационные показатели холодильных машин.

На базе теоретических основ описан принцип действия парокompрессионной холодильной машины с объяснением процессов, происходящих в основных узлах холодильной машины, определены назначение и функции компрессора, конденсатора, испарителя и регулирующего вентиля.

Изложены принципы действия и устройство холодильных компрессоров поршневого, ротационного и центробежного типа (сальниковых и со встроенным электродвигателем). Рассмотрены конструкции таких важных элементов, как клапаны, сальниковое уплотнение вала, система смазки, требующих наибольшего внимания механиков при обслуживании.

Представлены сведения по основным аппаратам холодильных машин — испарителям и конденсаторам. Рассмотрен теплообмен в этих аппаратах, даны практические рекомендации по температурному напору в различных условиях эксплуатации. Интересны и полезны представленные схемы автоматизации воздушных и водяных конденсаторов для стабилизации температуры конденсации. Показано влияние на теплообмен неконденсирующихся газов и загрязнений в конденсаторах и снеговой шубы на испарителях. Представляют интерес рассмотренные способы оттаивания испарителей.

Заслуживают особого внимания приведенные схемы автоматизации питания испарителя холодильным агентом. Рассмотрены различные типы автоматических регуляторов, применяемых в зависимости от типа испарителя и условий работы холодильной установки; Даны также конструкции перспективных типов регулирующих вентилях, еще не применяемых в нашей практике: термоэлектрических и терморегулирующих с ограничением давления в испарителе.

Практическую ценность имеют рекомендации по настройке наиболее распространенных терморегулирующих вентилях в зависимости от режима работы и реальных условий, таблица по определению их неисправностей, а также номограммы для выбора капиллярных трубок для работы на холодильных агентах R12, R22 и R502.

Даны различные типы электродвигателей и рекомендации по их использованию для привода компрессоров, вентиляхторов, насосов при конкретных условиях эксплуатации.

Представляет интерес материал по применению контрольно-измерительных приборов для выявления дефектов холодильного оборудования и определения температурных, электрических и других параметров работы. Приведены приборы и приспособления, используемые при монтаже и обслуживании холодильных установок. Даны практические наставления по вакуумированию и зарядке холодильным агентом систем.

Обширное место в книге занимает бытовое холодильное оборудование: холодильники, морозильники, охладители воды, устройства для приготовления льда и напитков. Рассмотрены холодильные системы, схемы оттаивания испарителей, приведены рекомендации по регулированию и ремонту. Особый интерес представляет блок-схема по диагностике и устранению дефектов.

Подробно рассмотрено торговое холодильное оборудование, в том числе заслуживающие внимания системы холодоснабжения, схемы оттаивания испарителей. Весьма полезны номограммы для выбора всасывающих, жидкостных и нагнетательных трубопроводов для холодильных установок, работающих на R12, R22 и R502.

Последовательно рассмотрены с помощью диаграммы состояния влажного воздуха методы расчета параметров в кондиционируемых помещениях различного назначения. Приведены полезные рекомендации по расчету и выбору воздуховодов и другого оборудования для кондиционирования. Показаны также установки для кондиционирования воздуха в легковых автомобилях, их схемы и приборы для регулирования и защиты. Дана технология монтажа автомобильного кондиционера.

Достоинством книги является доступное и лаконичное изложение обширного, хорошо иллюстрированного материала,

большой объем справочных данных, изложение практических приемов монтажа оборудования, обнаружения и устранения его отказов при соблюдении правил безопасности.

Следует отметить четко сформулированные выводы, а также вопросы для самоконтроля по содержанию каждой главы. Усвоению изложенного материала способствуют примеры расчетов.

В русском издании книги содержится четырнадцать глав из восемнадцати. В них полностью переработаны таблицы, диаграммы и примеры в связи с использованием международной системы единиц СИ.

Книга Б. К. Лэнгли будет полезным в практической работе пособием для механиков и техников по монтажу и техническому обслуживанию холодильного оборудования и установок для кондиционирования воздуха. Много интересного в ней и для специалистов по проектированию указанного оборудования.

Л. Г. Каплан

Предисловие

Книга «Холодильная техника и кондиционирование воздуха» представляет собой учебное и справочное пособие, а также может быть использована в качестве курса для самостоятельного изучения.

В книге рассматриваются практические основы холодильной техники и кондиционирования воздуха и даны рекомендации по обслуживанию оборудования. Она является исчерпывающим учебником для начинающего студента и ценным справочным пособием для квалифицированного механика по обслуживанию оборудования. Текстовой материал представлен таким образом, что может быть использован на краткосрочных курсах для обзорного изучения или в специальных учебных заведениях с двухгодичным сроком обучения.

Книга содержит 18 глав, каждая из которых рассматривает отдельный раздел данной отрасли, включая использование солнечной энергии. В начале каждой главы имеется введение к данному разделу холодильной техники, а в конце главы даны рекомендации по обслуживанию оборудования. Меры по технике безопасности рассматриваются в самом тексте и отдельно обобщаются в конце каждой главы. В конце всех глав даны также обзор изучаемого материала и контрольные обзорные вопросы по данной главе.

Книга «Холодильная техника и кондиционирование воздуха» не только знакомит студента и механика по обслуживанию с необходимыми основами теории, но и на практических примерах способствует их усвоению.

При завершении изучения данного материала читатель будет обладать достаточными знаниями для правильного монтажа и обслуживания холодильного оборудования и оборудования для кондиционирования воздуха.

В книге Billy C. Langley "Refrigeration and Air Conditioning", изданной в 1978 г. Reston Publishing Company, Inc. A Prentice-Hall Company (Reston, Virginia): рисунки помещены с разрешения следующих фирм: «Аддисон Продакте ко., Дирборн дивижн» — 2; «АКР Компонентс, инк.» — 158; «Алко Контроулз дивижн» — 169, 170, 171; «А. У. Сперри Инструментс, инк.» — 178; «Бонни» — 33; «Генри Вэла компани» — 172, 173; «Гоулд инк., Вэла энд Фиттингз дивижн» — 25, 26, 28, 31; «Джарроу Бринда, инк.» — 133; «Джем

Продактс, инк. — 229; «*Дженерал Моторс корп., Фриджидер дивижн*» — 3, 4, 47, 48, 53, 54, 55, 56, 57, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 241, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 260, 261, 323, 325, 326; «*Дженерал Моторс корп., Шевроле дивижн*» — 382, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394; «*Дженерал Электрик ко.*» — 221а, 223а; «*Дирборн Стоув ко.*» — 334; «*Коупленд корп.*» — 60, 61, 62, 66, 74, 176, 177, 271, 272, 273, 274, 275, 284, 285, 286, 287, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322; «*Коупленд Рефриджерейшн корп.*» — 134, 135, 136, 137, 138; «*Крайслер корп.*» — 376, 383, 384, 385, 386, 387; «*Маккуей — Перфекс, инк., Маккуей Груп.*» — 88, 89, 90, 91; «*Манитовак Экуипмент компани*» — 324; «*Маршаллтаун Инструментс*» — 35, 37, 40; «*Мекенкл Рефриджерейшн Энтепрайзис*» — 181, 188; 189; «*Парагон Электрик корп.*» — 291, 292, 296; «*Паркер — Ханнифин, Рефриджерейшн энд Эйр Кондишининг дивижн*» — 15; «*Пеклес Индастриз*» — 97, 98, 163; «*Пенн Контроулз, инк.*» — 174, 294; «*Рисерч Продактс корп.*» — 344, 345, 346, 347, 348; «*Рефриджерейшн Рисерч, инк.*» — 152; «*Робинэр Манюфекчуриг компани*» — 27, 29, 30, 34, 38, 39, 42, 180, 187а, 240; «*Санкио Интернейшнл (ЮСА), инк.*» — 373; «*Саутуэст Манюфекчуриг компани*» — 371; «*Сингер Контроулз дивижн*» — 101а, 114, 115, 116, 122, 131, 132а, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 282; «*СОС Консолидейтид инк., Ампроуб Инструмент дивижн*» — 179; «*Спорлан Вэлз компани*» — 123, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 132б, 156; «*Тайлер Рефриджерейшн корп.*» — 266, 267, 268, 290, 293, 295, 297, 298, 299, 300, 302, 304, 305, 306; «*Тексас Инструментс, инк., Кликсон Контроулз дивижн*» — 224, 225; «*Текумсе Продактс компани*» — 59, 63, 82, 83, 208, 210, 211, 212, 213, 216; «*ТИФ Инструментс, инк.*» — 186; «*Уатско, инк.*» — 41; «*Форд Мотор корп.*» — 382; «*Эйреерко Манюфекчуриг компани*» — 182, 183, 184; «*Эмерсон Электрик ко., Алко Контроулз дивижн*» — 118, 119, 120, 153; «*Эмхарт Индастриз, инк., Хилл Рефриджерейшн дивижн*» — 269; «*Эрроу — Харг, инк.*» — 230, 231; «*Юнифло Манюфекчуриг компани*» — 265.

Глава 1. Компрессионные холодильные установки

Различают два типа холодильных установок: компрессионные и абсорбционные. Наибольшее распространение получили компрессионные, или механические, установки. Абсорбционные установки используют для специальных целей. В данной главе рассматриваются только компрессионные установки.

Охлаждение — процесс отвода тепла из закрытого пространства или от материала и поддержание в данном пространстве или материале температуры более низкой, чем температура окружающей среды.

Продукты можно охлаждать в обычном леднике. При этом лед поглощает тепло от продуктов, а также проникающее через стенки ледника в количестве, равном его скрытой теплоте плавления. Во время этого процесса тепло отбирается от теплого тела и передается холодному, т. е. льду.

Жидкость доводится до температуры кипения при нагревании. Если над поверхностью жидкости создается вакуум, то кипение происходит при более низкой температуре. Если жидкость (в данном случае хладагент) находится в открытом сосуде, т. е. при атмосферном давлении и температуре окружающей среды, то она немедленно вскипает, поглощая при этом теплоту из окружающей среды или любого материала, с которым находится в контакте. Следовательно, любая жидкость, которая кипит при температуре ниже точки замерзания воды, может превращать ее в лед или охлаждать продукты, находящиеся в холодильнике с машинным охлаждением.

Охлаждение при кипении

Когда мы говорим о чем-то кипящем, мы, естественно, думаем, что оно горячее. Например, если вода кипит при 100 °С, это не означает, что все другие вещества будут кипеть при такой же высокой температуре.

Самый простой способ охлаждения в результате кипения — размещение баллона с хладагентом, например R12, в изотермическом шкафу. При этом горловина баллона должна быть открытой (рис. 1). Жидкий R12 немедленно начинает абсорбировать теплоту из окружающей среды. Этот процесс происходит

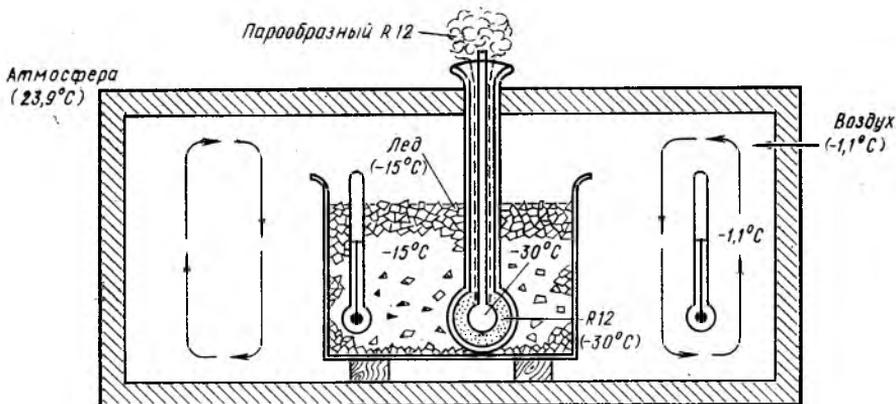


Рис. 1. Процесс охлаждения при кипении хладагента в изотермическом шкафу при температуре окружающей среды 23,9 °С.

при постоянных температуре ($-30\text{ }^{\circ}\text{C}$) и атмосферном давлении ($1,01 \cdot 10^5\text{ Па}$). Когда хладагент поглотит достаточное количество теплоты, он начинает бурно кипеть. Температура R12 остается равной $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, так как он абсорбирует скрытую теплоту парообразования при переходе в газовую фазу.

Процесс кипения хладагента происходит непрерывно, пока горловина баллона открыта и он абсорбирует тепло из шкафа, вследствие этого температура внутри него понижается. Стрелки на рис. 1 показывают направление потока циркулирующего воздуха в шкафу, которое полностью совпадает с направлением потока воздуха в обычном холодильнике. Плотность воздуха, охлажденного кипящим хладагентом, увеличивается, и он опускается. Воздух, нагреваемый стенками шкафа под действием тепла, проходящего через слой изоляции, поднимается.

Эти основные принципы можно использовать для создания простого холодильного шкафа (рис. 2). Необходимо обратить внимание на то, что к шкафу не присоединено какое-либо оборудование. В нем расположен баллон с жидким хладагентом. Через открытую горловину баллона выпускается пар, образующийся в результате кипения хладагента. По мере абсорбции тепла кипящим агентом температура в шкафу понижается. Несмотря на то что имеет место цикл охлаждения, данный процесс непрактичен, так как он прекращается при полном испарении жидкого агента из баллона. Кроме того, необходимость постоянной дозарядки баллона жидким агентом делает эту установку слишком дорогостоящей и непригодной для практического использования.

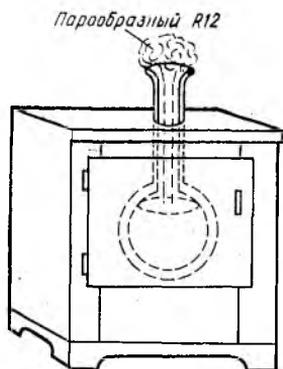


Рис. 2. Простой холодильный шкаф.

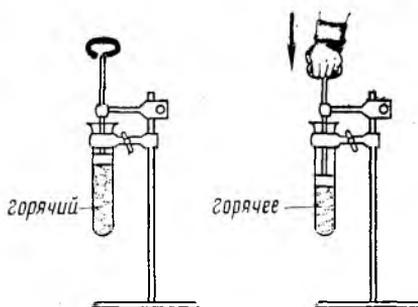


Рис. 3. Принцип сжатия.

Принцип действия компрессионной установки

В компрессионной установке предусмотрено повторное использование хладагента, что позволяет избежать его потери. В ней можно осуществить сжатие парообразного хладагента, тем самым концентрируя содержащееся в агенте тепло и повышая его температуру. Главное заключается в том, что температура пара повышается без введения дополнительного количества тепла (рис. 3).

Мы рассмотрели научные основы машинного охлаждения. Они, может быть, не совсем четкие, однако нетрудно запомнить следующие основные правила:

1. Все жидкости поглощают много тепла при кипении без повышения температуры.
2. Давление можно использовать для обратного процесса.— конденсации пара в жидкость в целях повторного использования хладагента.

Простая компрессионная холодильная установка

Баллон с жидким хладагентом помещают в изотермический шкаф. Мы знаем, что агент будет кипеть и поглощать тепло из шкафа при низкой температуре и атмосферном давлении.

Пар, образующийся в результате кипения жидкости, отводится из шкафа по трубам, при этом обеспечивается перенос тепла во внешнюю среду (рис. 4). Когда пар выведен из шкафа, его можно сжать с помощью насоса. При достаточно высоком давлении можно передать тепло от холодного пара теплоту воздуху в помещении. Для этой цели можно использовать обычный радиатор.

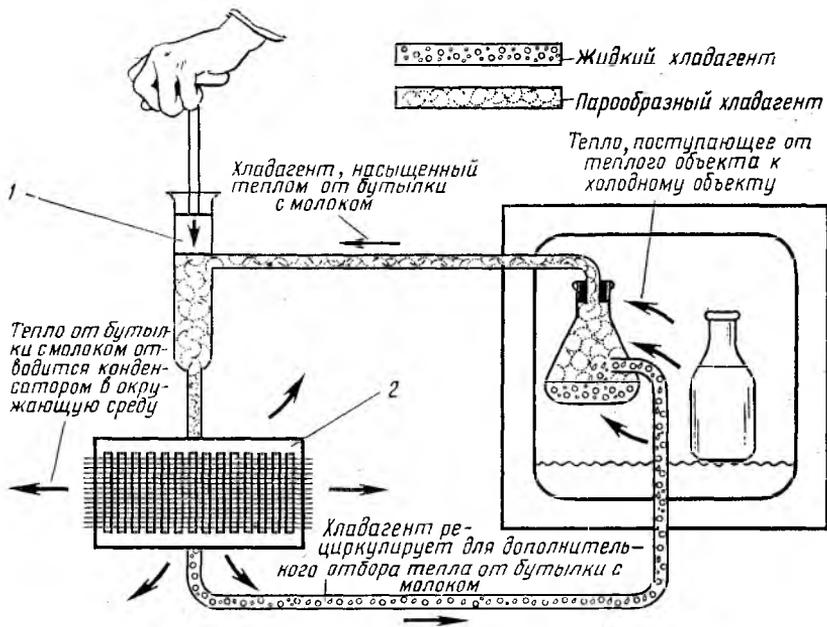


Рис. 4. Простая компрессионная холодильная установка:
1 — насос; 2 — конденсатор.

При отводе тепла от пара и превращения последнего в жидкость мы получаем тот же хладагент, который был первоначально в баллоне. Подведя другую трубу к шкафу, можно вернуть хладагент в баллон для повторного использования.

Холодильный цикл

Машинное охлаждение обеспечивается непрерывной циркуляцией, кипением и конденсацией определенного количества хладагента в замкнутой системе. Кипение происходит при низких давлении и температуре, а конденсация — при высоких. В результате этого тепло передается из области низкой температуры в область высокой температуры.

Начнем рассмотрение холодильного цикла со входа в испаритель (рис. 5). Жидкость при низком давлении расширяется, поглощает тепло и кипит, превращаясь в газ низкого давления. Компрессор откачивает пар из испарителя и повышает давление пара. Пар высокого давления нагнетается в конденсатор. В нем тепло отводится от пара, который конденсируется и превращается в теплую жидкость высокого давления.

Следующее устройство, с которым встречается хладагент во время циркуляции через установку, это фильтр-осушитель, который предотвращает забивание регулятора потока накипью, грязью и влагой. Количество агента, поступающего в испаритель, зависит от перепада давлений в регуляторе потока.

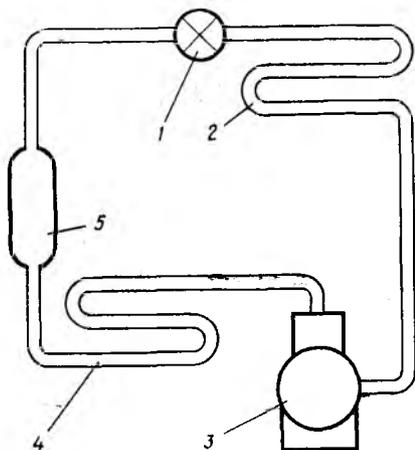


Рис. 5. Компрессионная холодильная установка:

1 — регулятор потока; 2 — испаритель; 3 — компрессор; 4 — конденсатор; 5 — фильтр-осушитель.



Рис. 6. Схема сторон высокого и низкого давлений.

Теплый жидкий агент высокого давления при входе в испаритель попадает в область низкого давления, которое создается компрессором и регулятором потока. Хлад-агент стремится расширяться. Для того чтобы жидкость кипела, она должна поглотить тепло из воздуха, обтекающего испаритель. Когда достигается необходимая температура, регулятор температуры останавливает компрессор. При повышении температуры воздуха, обтекающего испаритель, регулятор температуры снова включает компрессор, и цикл повторяется.

Все холодильные установки работают при двух определенных уровнях давления. Граница между ними проходит через нагнетательный клапан с одной стороны и отверстие регулятора потока с другой стороны (рис. 6). Нагнетательный клапан компрессора и отверстие регулятора потока являются разделительными точками между сторонами высокого и низкого давлений в установке.

На стороне высокого давления установки находятся все элементы, работающие при давлении конденсации. На практике считается, что весь компрессор находится на стороне высокого давления установки. На стороне низкого давления установки находятся все элементы, работающие при давлении кипения или при более низком давлении. На практике регулятор потока рассматривается как компонент стороны низкого давления.

Несмотря на то что существует много типов компрессионных холодильных установок, цикл в них один и тот же. Мы можем обобщить цикл компрессионной холодильной установки следующим образом: пар хладагента сжимается компрессором и нагнетается в конденсатор; сжатый пар охлаждается и конденсируется в жидкость в конденсаторе; жидкий хладагент направляется через регулятор потока в испаритель; парообразование происходит из-за пониженного давления в испарителе. Воздух охлаждается в результате поглощения тепла хладагентом во время его парообразования в испарителе; пар всасывается в компрессор, и цикл повторяется.

Крайне важно уяснить назначение каждого компонента, проанализировать работу установки и только после этого выяснить причину плохой ее работы.

Типы холодильных установок

Холодильные установки различают по состоянию хладагента в испарителе, а также по типу регулятора потока.

Установки с затопленным испарителем. Эти установки работают при определенном уровне жидкости в испарителе, который поддерживается регулятором потока (рис. 7). Установка с затопленным испарителем имеет некоторые преимущества по сравнению с установкой с сухим испарителем: более высокий КПД (установка работает при большей величине среднего давления всасывания, в результате чего сокращается продолжительность работы установки), более низкие эксплуатационные расходы, меньшее количество циклов (включений и выключений), большая интенсивность теплопередачи и более точный контроль температуры. В установке с затопленным испарителем площадь смачиваемой хладагентом поверхности больше, что обуславливает лучшую теплопередачу через стенки испарителя и трубопроводы.

Установки с сухим испарителем. В этих установках почти весь хладагент в испарителе находится в парообразном состоянии.

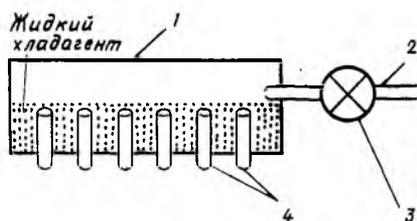


Рис. 7. Затопленный испаритель:
1 — испаритель; 2 — жидкоостный трубопровод; 3 — регулятор потока; 4 — трубы испарителя.

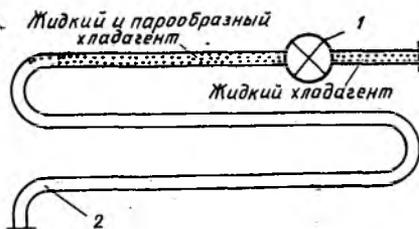


Рис. 8. Сухой испаритель:
1 — регулятор потока; 2 — испаритель.

Хладагент при прохождении через отверстие регулирующего вентиля частично испаряется. Мелкие, взвешенные капли жидкого хладагента полностью выкипают, проходя через испаритель (рис. 8). Сухие испарители изготавливают из одного непрерывного отрезка трубопровода.

Регуляторами потока хладагента, обслуживающими затопленный испаритель, являются поплавковый регулятор низкого давления, поплавковый регулятор высокого давления, капиллярная трубка или другое дроссельное устройство. Регулирование потока в установках с сухим испарителем осуществляется автоматическим барорегулирующим или терморегулирующим вентилем.

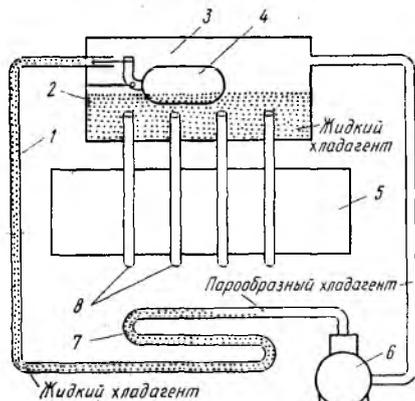


Рис. 9. Установка с поплавковым регулятором на стороне низкого давления:

1 — жидкостная линия; 2 — поплавковый регулятор; 3 — поплавковая камера; 4 — поплавок; 5 — испаритель; 6 — компрессор; 7 — конденсатор; 8 — трубы испарителя.

Установки с поплавковым регулятором низкого давления.

В этих установках некоторое количество жидкого хладагента находится в испарителе (рис. 9). Во время работы установки парообразный хладагент сжимается в компрессоре, затем при высоких температуре и давлении подается непосредственно в конденсатор для охлаждения и сжижения, где превращается в теплую жидкость высокого давления. Эта жидкость направляется в жидкостный ресивер. Под давлением парообразного хладагента теплая жидкость высокого

давления через жидкостную линию поступает к поплавковому вентилю на стороне низкого давления.

При понижении уровня жидкости низкого давления поплавков в поплавковой камере опускается и игла выходит из седла вентиля. В результате теплая жидкость высокого давления переходит в поплавковую камеру, где давление и температура более низкие. Поплавок предназначен для поддержания постоянного уровня жидкого хладагента в испарителе. Жидкий хладагент заполняет трубы испарителя и часть поплавковой камеры. При поглощении тепла жидким хладагентом происходит его кипение и образующий пар собирается в верхней части поплавковой камеры. Пар низкого давления поступает через всасывающий трубопровод в компрессор, и цикл повторяется.

В установке с затопленным испарителем и поплавковым регулятором необязательно поддерживать определенное количество хладагента на стороне низкого давления, так как избыточ-

ное количество агента остается в жидкостном ресивере. Это является важным моментом, потому, что имеются другие системы, в которых точность зарядки хладагентом не должна отличаться от рекомендуемой величины более чем на несколько десятков граммов, в противном случае могут возникнуть неполадки в работе установки.

Установка с поплавковым регулятором высокого давления. В этих установках большая часть жидкого хладагента содержится на стороне низкого давления. Рабочий цикл начинается со сжатия хладагента в цилиндре компрессора. Затем агент через нагнетательный клапан компрессора, расположенный над цилиндром, поступает в нагнетательную камеру компрессора. Сжатый пар, имеющий высокую температуру, направляется в конденсатор для охлаждения и сжижения, где он превращается в теплую жидкость высокого давления. Жидкость поступает в жидкостный ресивер, а теплый пар высокого давления располагается над ней. При повышении уровня жидкости в нижней части ресивера поплавок поднимается (рис. 10). При этом игла отходит от седла, в результате чего открывается вентиль и теплый хладагент высокого давления проходит в жидкостную линию. В этой установке поплавковый регулятор высокого давления расположен в ресивере и является его составной частью. Существуют другие конструкции установки с поплавковым регулятором высокого давления, в которых поплавковый регулятор помещается в небольшой специальной камере отдельно от ресивера.

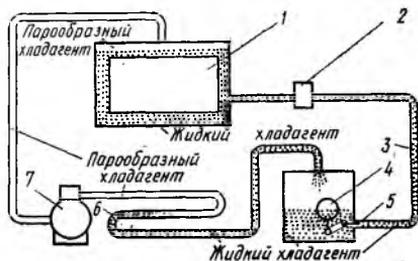


Рис. 10. Установка с поплавковым регулятором на стороне высокого давления:

1 — испаритель; 2 — регулятор температуры жидкости; 3 — жидкостная линия; 4 — поплавок; 5 — поплавковый регулятор; 6 — конденсатор; 7 — компрессор.

На входе в испаритель теплая жидкость высокого давления проходит через редукционный клапан, который называется регулятором температуры жидкости прямого действия. Этот регулятор имеет игольчатый клапан. Когда давление теплой жидкости высокого давления становится достаточно большим, игла поднимается и регулятор открывается. Он остается открытым до тех пор, пока давление теплой жидкости высокого давления в жидкостной линии не уменьшится до величины, требуемой для удержания регулятора в открытом состоянии. Затем клапан регулятора закрывается, прекращая поток хладагента. Давление хладагента продолжает понижаться в испарителе. Жидкость низкого давления в испарителе абсорбирует тепло из окружающей среды и превращается в пар низкого давления, который

через всасывающий трубопровод поступает в компрессор, и цикл повторяется.

В рассматриваемой установке поток жидкого хладагента регулируется поплавковым регулятором высокого давления в жидкостном ресивере и регулятором температуры жидкости в испарителе. Регулятор температуры жидкости прямого действия автоматически регулирует поток хладагента из жидкостной линии в испаритель. Регулятор открывается, когда разность давлений между хладагентом в жидкостной линии и в испарителе достигает определенной величины. Регулятор закрывается, когда разность давления в достаточной мере уменьшится.

Величина зарядки установки с поплавковым регулятором высокого давления холодильным агентом является важной характеристикой. Когда жидкость в ресивере достигает определенного уровня, регулятор открывается и жидкий хладагент поступает в жидкостный трубопровод. Если в испарителе создается избыток хладагента, то может произойти его выброс в компрессор. Это наблюдается также и в том случае, если на испарителе образуется иней. При попадании жидкости в компрессор возможна его поломка.

При недостаточной зарядке хладагента уровень жидкости в ресивере может не повыситься до уровня, необходимого для открывания поплавкового регулятора, и жидкий хладагент не поступит в жидкостную линию. Следовательно, испаритель не будет заполнен достаточным количеством хладагента, что ухудшит процесс охлаждения. Поэтому зарядка установки с поплавковым регулятором высокого давления хладагентом должна быть максимально приближенной к рекомендуемой.

Установка с капиллярной трубкой в качестве дроссельного устройства. Капиллярные трубки наиболее широко применяются

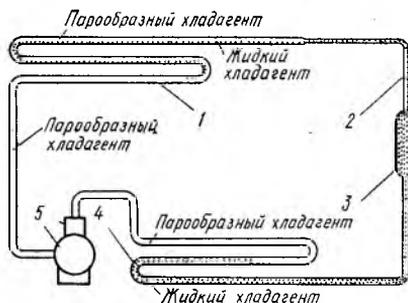


Рис. 11. Установка с капиллярной трубкой:

1 — испаритель; 2 — капиллярная трубка;
3 — фильтр-осушитель; 4 — конденсатор;
5 — компрессор.

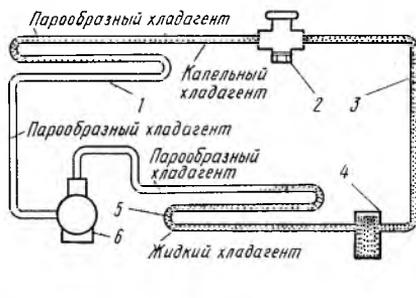


Рис. 12. Установка с барорегулирующим вентилем:

1 — испаритель; 2 — барорегулирующий вентиль; 3 — жидкостная линия; 4 — конденсатор;
5 — жидкостный ресивер; 6 — компрессор.

в небольших холодильных установках и в системах кондиционирования воздуха. Это обусловлено их низкой стоимостью, простотой конструкции и надежностью в эксплуатации. Их успешно используют также в герметичных установках.

Испаритель с такой системой регулирования потока хладагента также относится к затопленному типу. Капиллярная трубка в установке расположена между фильтром-осушителем и испарителем (рис. 11). Жидкий хладагент подается в испаритель через небольшую трубку. Его количество зависит в основном от длины и внутреннего диаметра трубки.

Установки с капиллярной трубкой по нескольким причинам требуют точной зарядки хладагентом. Во-первых, любое избыточное количество хладагента будет находиться на стороне низкого давления, в результате чего происходит его выброс в компрессор. Во-вторых, когда компрессор останавливается, хладагент из линии высокого давления поступает в испаритель. Это происходит до тех пор, пока давления во всей установке не выравняются. Следовательно, если в установке имеется избыток хладагента, жидкость затопит испаритель во время нерабочей части цикла и вызовет выброс агента при включении компрессоров.

Установки с автоматическим барорегулирующим вентилем.

В этих установках используют барорегулирующий вентиль потока хладагента, работающий от давления в испарителе. Вентиль предназначен для регулирования потока хладагента в испаритель. При правильной настройке вентиля испаритель будет работать на полное охлаждение.

Во время работы установки парообразный хладагент сжимается в компрессоре, где повышаются давление и температура. Пар подается из компрессора в конденсатор, в котором он охлаждается и сжижается, превращаясь в теплую жидкость высокого давления. Эта жидкость затем поступает в ресивер. Над жидкостью в ресивере находится насыщенный пар. Под действием давления пара жидкость из ресивера через жидкостную линию поступает к барорегулирующему вентилю (рис. 12). Жидкость проходит через автоматический барорегулирующий вентиль и поступает в испаритель. При проходе хладагента через барорегулирующий вентиль понижаются его давление и температура, жидкий агент распадается на капли. В процессе поглощения тепла из окружающей среды низкотемпературный жидкий хладагент низкого давления превращается в испарителе в низкотемпературный пар низкого давления. Необходимо обратить внимание на то, что в установке с сухим испарителем жидкий хладагент не собирается в нем, а проходит через испаритель в виде смеси пара и капель жидкости. В сухом испарителе в отличие от затопленного имеется небольшое количество жидкого хладагента. Пар низкого давления отводится через всасывающую линию в компрессор, и цикл повторяется.

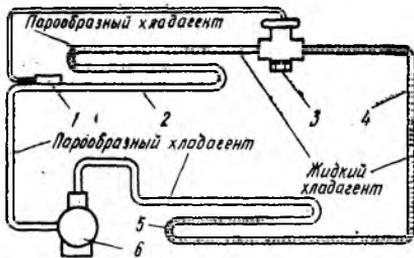


Рис. 13. Установка с ТРВ:
 1 — термобаллон; 2 — испаритель; 3 — ТРВ; 4 — жидкостная линия; 5 — конденсатор; 6 — компрессор:

бочий КПД выше и близок к КПД установки с затопленным испарителем.

Работа терморегулирующего вентиля аналогична работе автоматического барорегулирующего вентиля, за исключением того, что на работу терморегулирующего вентиля воздействует кроме давления в испарителе также и температура хладагента на выходе из испарителя. Это дополнительное воздействие осуществляется термобаллоном, размещенным на выходе из испарителя.

Правила безопасности

При работе с холодильным оборудованием необходимо помнить, что некоторые узлы очень горячие, а другие очень холодные и могут быть причиной травм. Следует быть крайне осторожным при работе вблизи этих узлов, а также при работе вблизи вращающихся частей, так как может произойти захват одежды или конечностей работающего.

Выводы

В настоящее время используют два типа установок: компрессионную и абсорбционную.

Продукты могут охлаждаться в обычном холодильнике, так как лед поглощает тепло при таянии.

Любая жидкость, которая кипит при температуре ниже точки замерзания воды, может превращать воду в лед или охлаждать продукты.

Простейший способ охлаждения — установка открытого сосуда с хладагентом в изотермическом шкафу. При этом не следует препятствовать свободному выходу хладагента.

Температура кипения R12 при давлении $1,01 \cdot 10^5$ Па равна -30°C . Холодная поверхность испарителя обуславливает циркуляцию воздуха в изотермическом шкафу.

При повышении давления пара в компрессоре температура пара повышается. Во время процесса сжатия пар нагревается за счет теплоты сжатия.

Главными положениями, которые необходимо помнить, являются сле-

дующие: все жидкости поглощают много тепла, не становясь теплее при парообразовании; при повышении давления пар конденсируется.

При машинном охлаждении в замкнутой системе происходят непрерывная циркуляция, кипение и конденсация определенного количества хладагента.

Теплопередача может осуществляться из холодной зоны в теплую, так как поглощение тепла происходит при низких давлении и температуре, а конденсация — при высоких.

В простой холодильной системе компрессор отводит парообразный хладагент из испарителя, повышает его давление и температуру, а затем нагнетает в конденсатор, где пар охлаждается и превращается в жидкость. Из конденсатора хладагент проходит в регулятор потока, который регулирует заполнение испарителя хладагентом. Давление хладагента понижается при прохождении через регулятор потока. Хладагент поглощает тепло в испарителе и выкипает, превращаясь в пар, который отводится из испарителя компрессором, цикл повторяется.

Границами между сторонами высокого и низкого давления установки являются нагнетательный клапан компрессора и отверстие регулятора потока.

Сторона высокого давления установки включает все узлы, работающие при давлении конденсации.

Сторона низкого давления установки включает все узлы, работающие при давлении кипения или ниже его.

Установки с затопленным и сухим испарителем различаются по состоянию хладагента в испарителе.

В затопленном испарителе установки содержится некоторое количество жидкого хладагента.

В сухом испарителе установки имеется только капельная жидкость.

В установках с затопленным испарителем в качестве регуляторов потока используются поплавковые регуляторы низкого и высокого давления или капиллярная трубка.

В установках с сухим испарителем в качестве регуляторов потока применяются автоматический барорегулирующий или терморегулирующий вентили.

Контрольные вопросы

1. Какой способ, кроме использования тепла, можно применить для того, чтобы жидкость кипела?
2. Почему происходит циркуляция воздуха в охлаждаемом шкафу, в котором нет вентилятора?
3. Как концентрируется тепло в хладагенте?
4. Добавляется ли тепло в парообразный хладагент в процессе сжатия?
5. Какие два основных положения необходимо помнить относительно холодильного процесса?
6. Почему образуется пар в испарителе холодильной установки?
7. Какие два момента обеспечивают передачу тепла из холодной зоны в горячую?
8. Для чего предназначен компрессор в холодильной установке?
9. Что происходит с хладагентом в конденсаторе?
10. Что происходит с хладагентом в испарителе?
11. Где находится граница между сторонами высокого и низкого давлений в холодильной установке?
12. Какие узлы расположены на стороне высокого давления установки?
13. Обобщите цикл компрессионной установки.
14. Назовите два типа холодильных установок, различающихся состоянием хладагента в испарителе.
15. Назовите пять типов регуляторов потока, используемых в компрессионных холодильных установках.

16. Что означает термин «дозированная зарядка хладагентом»?
17. Какие типы регуляторов потока требуют дозированной зарядки?
18. Какая разница между автоматическим барорегулирующим и терморегулирующим вентилями?
19. Чем лучше осуществлять регулирование подачи хладагента: автоматическим барорегулирующим или терморегулирующим вентилем?
20. В установках с регулирующим вентилем испарители затопленные или сухие?

Глава 2. Трубы, арматура и ручной инструмент для холодильного оборудования

Трубы

Комплектная холодильная машина состоит из узлов, предназначенных для кипения и конденсации хладагента при его циркуляции. Если эти узлы расположены на некотором расстоянии друг от друга и между ними нет непосредственного соединения, то должно существовать какое-либо средство коммуникации для перемещения хладагента. Для этого служат трубопроводы, по которым жидкость и пар перемещаются из одного узла установки в другой.

Сварные и паяные трубопроводы изготавливают из различного металла. Наибольшее распространение в холодильных установках и кондиционерах получили медные, латунные и стальные трубопроводы. Стальную трубу изготавливают из плоской полосы, края которой сворачивают и соединяют стыковой сваркой. Иногда края скашивают и соединяют сваркой внахлестку. Сваренная внахлестку труба прочнее и лучше поддается изгибу. Медные и латунные трубы можно изготовить подобным же образом. Однако вместо сварки для соединения краев используют пайку твердым припоем. Паяный трубопровод нельзя изгибать.

В холодильной технике лучше использовать бесшовные трубы, чем сварные и паяные. Для получения бесшовных труб прутки из горячего металла подают через оправку. Такие трубы значительно прочнее и лучше подвергаются гибке и формовке по сравнению со сварными и паяными трубами.

Медные трубы. Бесшовные медные трубы наиболее распространены в холодильных установках, работающих на различных хладагентах, за исключением аммиака. Это обусловлено тем, что при контакте с парообразным аммиаком даже в течение малого периода времени медь быстро корродирует и разлагается. Медь имеет самую высокую теплопроводность по сравнению с другими металлами, используемыми в холодильной технике. Для соединения медных труб применяют пайку мягким припоем, что обеспечивает максимальную прочность трубопровода.

Различают мягкие и твердые медные трубы. Мягкие трубы с внешним диаметром трубы от 3 до 5 мм изготавливают длиной 7,6; 15,2; 30,4 м и сворачивают в рулоны. Мягкие медные трубы большего диаметра выпускают в виде прямых отрезков. Мягкие трубы диаметром 3 мм и менее легко обрабатываются из-за их относительно хорошей гибкости, что позволяет не применять дополнительных соединений. Эти трубы можно формовать и вручную. При этом необходимо не допускать перегибов, которые будут препятствовать потоку хладагента. Мягкие медные трубы соединяют пайкой мягким или серебряным припоем, вальцовкой или склеивают эпоксидной смолой.

Твердые трубы выпускают длиной 6 м и внешним диаметром 6,5—155,5 мм. Такие трубы трудно формовать вручную. Труба может сплющиться с образованием гофр, которые затем необходимо устранить. Для получения небольших изгибов на этих трубах места изгиба нагревают до вишнево-красного цвета и охлаждают на воздухе. Этот процесс называется отжигом. Твердые трубы особенно удобны, когда требуется проложить их на значительное расстояние без крепления. Их применяют также и в том случае, если внешний вид установки имеет важное значение. Отжиг необходим и при использовании арматуры, к которой трубы присоединяют с помощью развальцованных концов. Трубы из твердой меди соединяют посредством пайки мягким или серебряным припоем, а также склеивания эпоксидной смолой.

По классификации бесшовные медные трубы делятся на следующие четыре общие группы: 1. Мягкие трубы, тонкостенные. 2. Мягкие или твердые трубы, сверхтолстостенные. 3. Мягкие или твердые трубы, толстостенные. 4. Мягкие или твердые трубы, толщина стенки стандартная.

Безопасное рабочее давление в медных трубах зависит от размера трубы и температуры рабочей среды (табл. 1). Безопасное рабочее давление в трубе понижается с повышением температуры среды (в данном случае это хладагент).

Как видно из табл. 1, безопасное рабочее давление в мягких трубах различно. При эксплуатации холодильных установок необходимо следить за тем, чтобы эти величины давления не были превышены.

Трубы групп 1 и 3 получили наибольшее распространение в холодильной технике и обычно их применяют в системах кондиционирования воздуха и холодильных установках. Трубы группы 4 используют для линий спуска конденсата и в других случаях, когда рабочее давление не превышает 1,03 МПа.

Трубы групп 1 и 3 должны быть очищены, осушены и заглушены для предотвращения попадания в них загрязнений и влаги. Если в какой-то момент отрезок трубы не используется, его необходимо заглушить для того, чтобы он был чистым и сухим в случае последующего применения в холодильных уста-

Таблица 1 Безопасное рабочее давление (в МПа) в мягкой и твердой трубах групп 1 и 3 при различных температурах

Внешний диаметр трубы, мм	Толщина стенки, мм	65,6 °С	121,1 °С	176,7 °С	204,4 °С
<i>Мягкие трубы</i>					
6,35	0,76	8,473	7,787	6,688	4,962
9,52	0,82	5,927	5,443	4,619	3,442
12,7	0,82	4,335	3,991	3,374	2,55
15,9	0,89	3,717	3,442	2,962	2,197
19	0,89	9,03	2,756	2,412	1,785
22,2	1,14	3,442	3,168	2,687	2,059
28,6	1,27	2,962	2,756	2,344	1,716
34,9	1,4	2,687	2,481	2,059	1,579
41,3	1,52	2,55	2,344	1,922	1,51
<i>Твердые трубы</i>					
9,52	0,76	6,198	5,992	39,23	2,618
12,7	0,89	5,511	5,305	34,42	2,275
15,9	1,02	5,099	4,962	32,36	2,128
19	1,07	4,482	4,335	28,24	1,853
22,2	1,14	4	3,923	25,5	1,716
28,6	1,27	3,511	3,374	21,97	1,442
34,9	1,4	3,168	3,03	19,91	1,304
41,3	1,52	2,962	2,893	18,53	1,236
53	1,78	2,55	2,481	15,79	1,03
69,4	2,29	2,275	2,197	14,42	0,961
82,4	2,54	2,197	2,128	13,73	0,892
104,8	2,79	2,059	1,991	13,04	0,824
130,2	3,12	1,922	1,853	12,36	0,824

новках. После очистки и осушки твердые трубы закрывают с обеих сторон заглушками, которые можно использовать повторно, и под давлением заполняют сухим азотом (рис. 14).

Стальные трубы. Бесшовные стальные трубы изготовляют способом выдавливания. Трубы могут быть твердыми или мягкими. Первый вид труб обладает очень большой твердостью, но их можно размягчить посредством термообработки — отжига. Если необходимо сделать изгиб, то лучше использовать мягкие трубы. Размер стальных труб определяют по внешнему диаметру. Стоимость бесшовной трубы выше, чем стоимость сварной, но она выдерживает значительно более высокое давление. Обычно такие трубы выпускают в виде прямолинейных отрезков длиной 6 м.

Трубы из стали, теплопроводность которой ниже, чем меди, в основном применяют в производстве конденсаторов для домашних холодильников. Стальные трубы конденсатора крепят на корпусе холодильника, что увеличивает площадь поверхности конденсатора. Вследствие этого интенсивность теплопередачи повышается и становится почти равной интенсивности теплопередачи медной трубы той же длины. Разность между

стоимостью медной и стальной труб более чем окупает стоимость закрепления стальной трубы на корпусе холодильника.

Алюминиевые трубы. Этот тип труб используют почти исключительно для изготовления испарителей домашних холодильников. Интенсивность теплопередачи алюминиевых испарителей ниже, чем у медных. Алюминиевые трубы легко формовать вручную, поэтому почти полностью исключается необходимость в присоединительной арматуре. Алюминиевые трубы соединяют пайкой мягким припоем или специальными сварочными сплавами, а иногда эпоксидной смолой.

Трубы из нержавеющей стали. Размеры труб из нержавеющей стали такие же, как и медных. Нержавеющая сталь — очень прочный металл и имеет высокую стойкость к коррозии. Нержавеющая сталь для изготовления труб, применяемых в холодильной технике, имеет низкое содержание углерода, никеля и хрома.

Гибкие резиновые трубы. В автомобильных кондиционерах и в некоторых других транспортных холодильных установках применяют гибкие резиновые шланги (рис. 15). Это обусловлено тем, что вибрация, создаваемая постоянным движением транспортного средства, может вызвать деформацию и появление трещин в металлической трубе, что приводит к утечке хладагента. Гибкие трубы обычно имеют неопреновые втулки, покрытые вискозной оплеткой и склеенные для обеспечения надежной и длительной службы. Обычно такие трубы поставляются большой длины и их разрезают на отрезки требуемой величины.

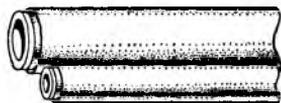


Рис. 14. Заглушенные трубы.

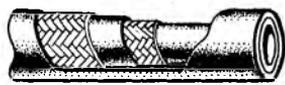


Рис. 15. Гибкий резиновый шланг.

Присоединительная арматура

В холодильной технике в настоящее время используют несколько типов присоединительной арматуры. Выбор арматуры в значительной степени зависит от материала труб и требуемой прочности соединений. Наиболее распространенными являются паяные и вальцованные соединения, соединения с запрессовкой конусной втулки и шланговые соединения.

Очень важным фактором при определении сопротивления коммуникаций является эквивалентная длина трубы. Количество соединений в холодильной установке должно быть минимальным. Каждый поворот, с которым встречается хладагент, повышает сопротивление потоку. Избыточное сопротивление снижает производительность оборудования. Каждый изгиб повышает сопротивление (перепад давлений) на величину, рав-

Таблица 2. Эквивалентная длина (в м) прямолинейной трубы для вентилей и присоединительной арматуры

Наружный диаметр трубы, мм	Шаровой вентиль	Угловой вентиль	Колено		Т-образная труба	Т-образный патрубков
			90°	45°		
12,7	2,74	1,52	0,27	0,12	0,18	0,61
15,9	3,66	1,83	0,3	0,15	0,24	0,76
22,2	4,57	2,44	0,46	0,21	0,3	1,07
28,6	6,71	3,66	0,55	0,27	0,46	1,37
34,9	8,53	4,57	0,73	0,37	0,55	1,83
41,3	10,7	5,18	0,85	0,43	0,61	2,13
53	13,7	6,71	1,19	0,55	0,91	3,05
66,7	15,5	7,92	1,4	0,67	1,07	3,66
69,4	19,8	10,4	1,68	0,82	1,37	4,57
82,4	24,4	12,2	1,98	0,91	1,52	5,18

ную эквивалентной длине трубы (табл. 2). Таблицы перепадов давлений и размеров линий обычно составляют, исходя из заданного перепада давлений на каждые 30 м прямолинейного отрезка трубы.

Когда требуется точно рассчитать перепады давлений, необходимо определить эквивалентную длину каждого соединения. На практике опытный конструктор может сделать расчет (в %) допуска, если расположение труб не очень сложное. Для длинных отрезков трубы (30 м и более) достаточно увеличить действительную длину на 20—30 %. Для коротких отрезков может потребоваться увеличение на 50—75 % линейной длины. Необходимо иметь определенный опыт для получения правильного результата. Для обеспечения требуемой точности эти оценки должны периодически проверяться действительными расчетами.

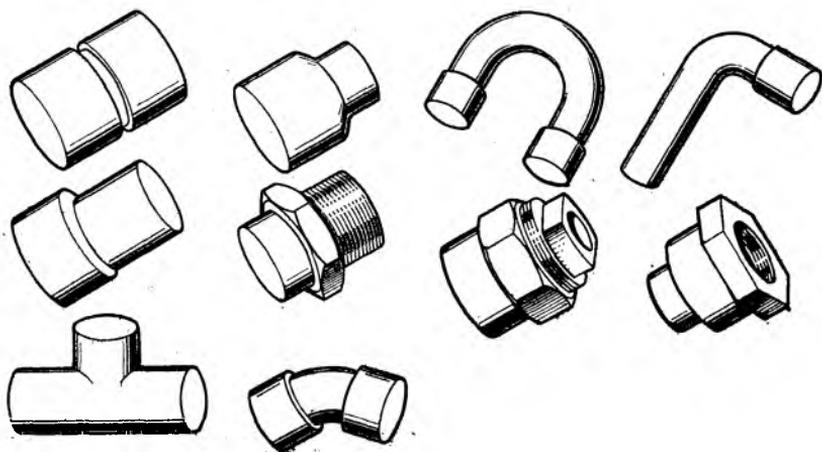


Рис. 16. Медные присоединительные элементы для паяных соединений.

Присоединительные элементы для паяных соединений. Присоединительные элементы паяют мягким или серебряным припоем. Они предназначены для обеспечения требуемых поворотов и соединений с минимальным перепадом давлений в трубе (рис. 16). Трубу отрезают и вводят в присоединительный элемент до ограничителя (рис. 17). Если соединение сделано неправильно, избыток припоя может попасть в холодильную систему, в результате чего повысится сопротивление хладагенту и возможно появление других неисправностей.

Механик по обслуживанию должен хорошо знать паяные соединения, чтобы при необходимости отремонтировать или заменить вышедшие из строя детали.

Присоединительные элементы для вальцованных соединений. В холодильной технике используют также присоединительные элементы для вальцованных соединений (рис. 18). В трубопроводах угол раструба составляет 90° . Элементы для вальцованных соединений обычно легко монтируют с помощью универсальных инструментов. На практике гайку устанавливают на трубе, которую затем вальцуют и полученный раструб прижимают к присоединительному элементу.

Раструб трубы должен совпадать по размеру со скосом (скошенным краем) на присоединительном элементе. Затем гайку навинчивают на сопрягаемую деталь, зажимая трубу между деталями (рис. 19). Для предотвращения скручивания трубы при затягивании соединения каждую сопрягаемую деталь необходимо смазать холодильным маслом. Уплотнение между присоединительными элементами получается за счет раструба трубы, зажато между гайкой и присоединительным элементом. Поэтому, если присоединительный элемент слишком затянут, в раструбе может появиться трещина. Обычно достаточно легкой затяжки вручную плюс один дополнительный оборот гаечным ключом. Если вальцованные соединения используют в местах, где температура между рабочей и нерабочей частями цикла колеблется, то иногда может появиться утечка хладагента. Утечка — результат расширения и сжатия металла, вызываемого его нагреванием и охлаждением. При многократном расширении и последующем сжатии происходит ослабление гайки и требуется повторная затяжка ее до добавления хладагента в систему.

Шланговые соединения. Шланговые соединения обычно используют в автомобильных и других транспортных холодильных установках. Они предназначены для соединения узлов системы. На практике сначала делают нарезку на патрубке, затем шланг насаживают на него и на шланге устанавливают

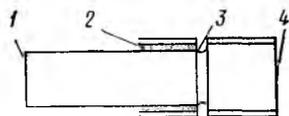


Рис. 17. Правильное соединение трубы с присоединительным элементом:

1 — труба; 2 — припой; 3 — ограничитель; 4 — присоединительный элемент.

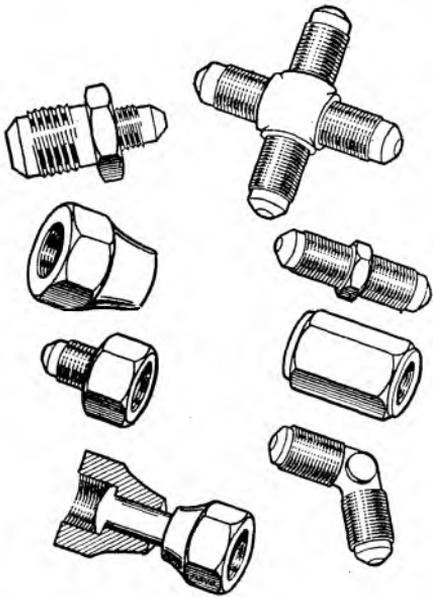


Рис. 18. Присоединительные элементы для вальцованных соединений.

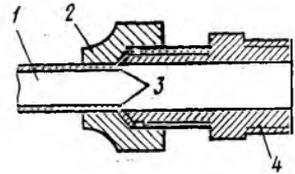


Рис. 19. Вальцованное соединение:

1 — труба; 2 — гайка с раструбом; 3 — раструб; 4 — присоединительный элемент для вальцованного соединения.

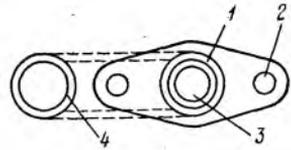


Рис. 20. Соединение с уплотнительной кольцевой прокладкой:

1 — канавка для кольцевой прокладки; 2 — отверстие для болта; 3 — отверстие для прохода хладагента; 4 — неопреновая кольцевая прокладка.

зажим. Обычно, если зажим затянут, часть шланга отрезают. Такие соединения обеспечивают паронепроницаемое уплотнение и удовлетворяют требованиям холодильной техники.

Присоединительная арматура с уплотнительной кольцевой прокладкой. Присоединительную арматуру с уплотнительной кольцевой прокладкой используют в некоторых вентилях и специальных соединениях. Эти соединения применяют в сопрягаемых деталях, где кольцевую прокладку помещают в канавке для обеспечения уплотнения (рис. 20). На практике необходимо принять меры, чтобы кольцевая прокладка была установлена в канавке. Обычно легкая затяжка вручную плюс пол-оборота гаечным ключом обеспечивают непроницаемое уплотнение. Необходимо быть осторожными, когда пайка выполняется вблизи соединения с кольцевой прокладкой, так как при этом она разрушается. Если труба нагревается вблизи этого соединения, тогда можно вокруг него обернуть кусок влажной ткани для предотвращения нагревания. Необходимо следить за тем, чтобы ткань была постоянно влажной.

Присоединительная арматура с запрессовкой конусной втулки. Присоединительную арматуру с запрессовкой конусной втулки применяют для быстрого присоединения трубопроводов

хладагента к компрессорно-конденсаторным агрегатам (рис. 21). Эти соединения лучше всего использовать для твердых труб. Мягкие трубы могут быть соединены ими, если трубы идеально круглые и не имеют гофр вблизи соединения. Рассматриваемые присоединительные элементы обычно обеспечивают непроницаемое соединение при легкой затяжке вручную плюс 1,5 оборота гаечным ключом. Если на трубе имеются забоины, которые могут быть причиной утечки хладагента, надо отрезать поврежденную часть трубы, установить соединение и затянуть его.

Во многих случаях механик по обслуживанию холодильной установки должен выполнить работу на трубопроводах хладагента, не имея всех требуемых соединений. Эта проблема обычно разрешается очень легко, в особенности при изменении размера труб. Трубы, используемые в холодильной технике, имеют разницу в диаметре, равную 3 мм, что позволяет устанавливать трубу определенного размера в трубе следующего, большего размера. У соединения, выполненного этим способом, зазоры больше, чем допустимо для пайки мягким припоем. Поэтому такие соединения паяют серебряным припоем. Этот тип соединения широко применяется при обслуживании и монтаже холодильного оборудования.



Рис. 21. Соединение с запрессовкой конусной втулки.

Специальный ручной инструмент

Кроме обычно используемых ручных инструментов и приборов для испытания холодильного оборудования существуют специальные ручные инструменты, применяемые механиками по обслуживанию и монтажу. Здесь рассматриваются инструменты, имеющие наибольшее распространение, а глава 9 посвящена целиком приборам для испытания холодильного оборудования.

Труборезы. Труборезы используют для резки труб под прямым углом при выполнении механиком герметичных соединений. На практике резак устанавливают вокруг трубы, затем колесо резака затягивают на медной трубе. Необходимо предотвратить чрезмерную затяжку колеса резака, так как труба сплющится и почти невозможно будет обеспечить герметичное соединение. Когда колесо резака коснется трубы, ручка его не должна быть повернута более чем на пол-оборота (рис. 22). Надо сделать полный оборот резака вокруг трубы, затем снова затянуть ручку резака не более чем на пол-оборота. Этот процесс повторяется до тех пор, пока труба не будет разрезана. Для получения ровного среза трубу необходимо расположить на роликах (рис. 23) таким образом, чтобы колесо резака было



Рис. 22. Настройка трубореза.

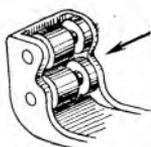


Рис. 23. Ролики трубореза с конической канавкой.

отцентрировано по трубе. Когда труба отрезана, внутри нее будут заусенцы, которые необходимо удалить, иначе они будут препятствовать потоку хладагента. Большинство труборезов имеют разверточную пластину (рис. 24). Пластины выдвигают наружу. Затем ее вставляют в конец трубы и поворачивают для удаления заусенцев. Необходимо следить, чтобы металлическая стружка не попадала в трубу, так как она забивает фильтры, которые затем приходится снимать для очистки или замены.

Труборезы имеют в роликах канавку для отрезки плохого раструба (рис. 25). Это позволяет легко удалить раструб с минимальной потерей трубы.

Приспособление для разбортовки труб с помощью конусного пуансона. Конусным пуансоном (рис. 26) этого приспособления разбортовывают конец трубы, чтобы можно было использовать соединительные элементы для образования герметичных соединений. Когда необходимо сделать разбортовку, трубу вставляют в разбортовочный блок, она должна выступать над блоком, приблизительно на 6,5 мм. Зажим удерживают на месте около конца матрицы и закрепляют для предотвращения скольжения трубы в блоке. Надо установить вилку над трубой и повернуть ходовой винт на пять или шесть оборотов после того, как конус коснется трубы. Когда процесс разбортовки закончен, для снятия трубы с разбортовочного блока необходимо выполнить все предыдущие операции в обратном порядке. Разбортованный конец трубы полируется при отводе конуса. Разбортовка трубы, которая делается в таком блоке, очень прочная, так как раструб образуется над матрицей разбортовочного блока, не прикасаясь к ней, а у основания раструба сохраняется первоначальная толщина стенки трубы. Раструб не может «осесть». Это приспособление используют для восстановления первоначальной формы деформированных труб и их калибровки.

Приспособления для разбортовки труб с помощью пуансона-расширителя. Приспособления для разбортовки труб с помощью пуансона-расширителя используют для расширения одного конца трубы, с тем чтобы можно было спаять без муфты концы двух труб одинакового диаметра. Для трубы каждого

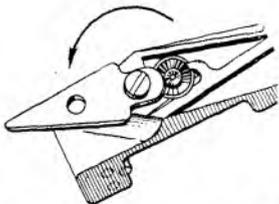


Рис. 24. Пластина трубореза для удаления заусенцев.

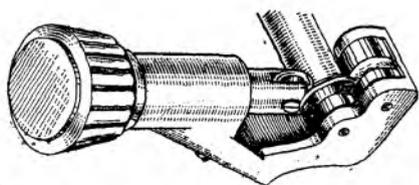


Рис. 25. Труборез с роликами для отрезки раструба.

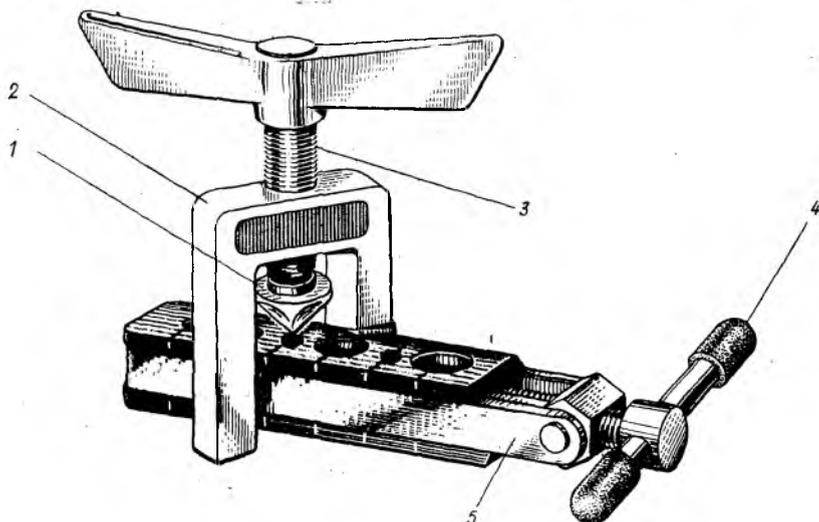


Рис. 26. Приспособление для разбортовки труб с помощью конусного пуансона:

1 — конусный пуансон; 2 — вилка; 3 — ходовой винт; 4 — зажим матриц; 5 — болт матриц.

диаметра требуется отдельное приспособление для разбортовки (рис. 27). Приспособления для разбортовки труб с помощью пуансона-расширителя используют совместно с приспособлением для разбортовки труб, имеющим конусный пуансон. Трубу вставляют в матрицу соответствующего размера. При разбортовке отрезок трубы достаточной длины должен выступать над матрицей. Блок жестко закрепляют. Труба не должна слишком выступать над блоком, так как иначе она может погнуться и разрушить разбортовку. И наоборот, если над блоком выступает слишком маленький конец трубы, то она может быть разрезана, когда пуансон достигает разбортовочного блока. При правильном

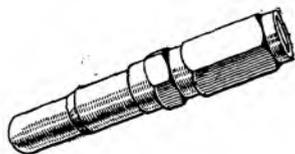


Рис. 27. Приспособление для развальцовки труб с помощью пуансона-расширителя.

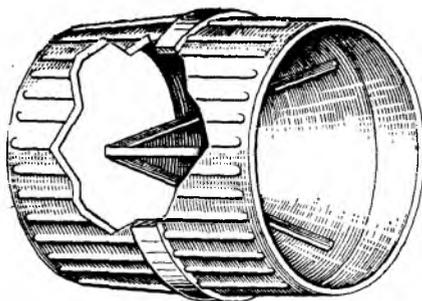


Рис. 28. Инструмент для удаления заусенцев.

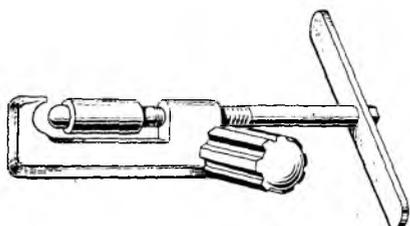


Рис. 29. Приспособление для пережима труб.

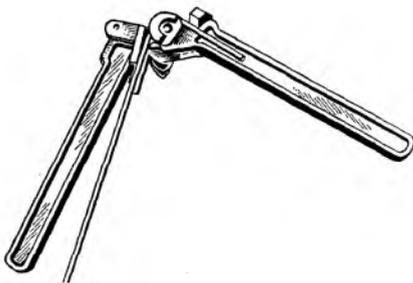


Рис. 30. Приспособление для гибки труб.

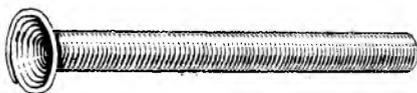


Рис. 31. Пружинное приспособление для гибки труб.

расположении трубы в блоке пуансон устанавливают в трубе и по нему ударяют молотком. После каждого удара необходимо повернуть пуансон для предупреждения его заклинивания. Если пуансон заклинился, его высвобождают несколькими боковыми ударами по нему молотком.

Инструмент для удаления заусенцев. Инструмент для удаления заусенцев используют при обработке труб (рис. 28). После того как труба разрезана, инструмент вставляют в конец трубы и вращают, в результате чего удаляются заусенцы внутри трубы. Затем инструмент необходимо повернуть, снова установить на трубе и вращать для удаления заусенцев снаружи трубы. Инструмент многомерный, и его можно использовать для труб разного диаметра.

Приспособление для пережима труб. Приспособление для пережима труб (рис. 29) используют, чтобы предотвратить потери хладагента из герметичной системы. После зарядки хладагентом приспособление устанавливают на трубе и затягивают. Когда труба пережимается, она герметизируется. Затем трубу запаивают серебряным припоем, после чего снимают приспособление для пережима труб.

Приспособление для гибки труб. Приспособление для гибки труб используют при создании изгиба (поворота) трубы под каким-либо углом. Применение такого приспособления

собления исключает необходимость в коленах, а также паяных или вальцованных соединениях. Трубу необходимо измерить и сделать маркировку в месте изгиба. Затем трубу устанавливают в приспособление определенного размера и ручки стягивают для образования необходимого угла (рис. 30). Угол изгиба должен быть больше требуемого угла примерно на 3—5°, так как при освобождении трубы из приспособления она несколько выпрямляется. Полностью невозможно выпрямить трубу, которая была изогнута с помощью такого приспособления.

Существует пружинное приспособление для гибки труб (рис. 31). Трубу с установленной на ней пружиной изгибают вручную. Угол изгиба трубы должен превышать необходимый угол примерно на 5°, так как происходит выпрямление трубы до требуемого угла, когда приспособление снимают с трубы.

При использовании такого приспособления надо быть осторожным, так как при попытке сделать слишком острый угол изгиба на трубе могут появиться гофры и снять пружину будет затруднительно.

Комплект для определения давления и зарядки. Комплект для определения давления хладагента и зарядки системы (рис. 32) используют для обслуживания герметичных агрегатов. На практике переходник устанавливают на агрегате, а затем к нему присоединяют приспособление для определения давления и зарядки системы.

Гаечный ключ со сменными головками. Гаечный ключ со сменными головками (рис. 33) используют для поворота штока в вентилях при обслуживании установки. Существуют различные головки для штока любого размера. Гаечный ключ со специальными сменными головками применяют для затяжки сальников в некоторых вентилях с целью предотвращения утечки хладагента.

Блок для зарядки и определения давления. Блок для определения давления является, вероятно, наиболее часто используемым прибором в наборе механика. Этот блок состоит из мановакуумметра, манометра и вентиляжного коллектора (рис. 34).

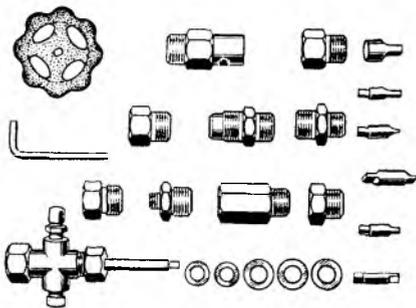


Рис. 32. Комплект приспособлений для определения давления хладагента и зарядки системы.



Рис. 33. Гаечный ключ для сменных головок.

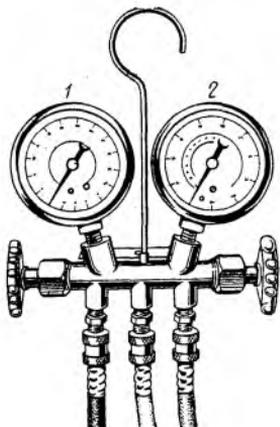


Рис. 34. Блок для определения давления в системе.



Рис. 35. Мановакуумметр.

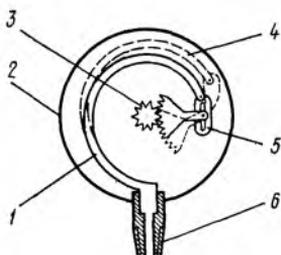


Рис. 36. Принцип действия трубки Бурдона:

1 — трубка Бурдона; 2 — корпус манометра; 3 — шестерня валика стрелки; 4 — трубка Бурдона под давлением; 5 — рабочий рычаг; 6 — штуцер.

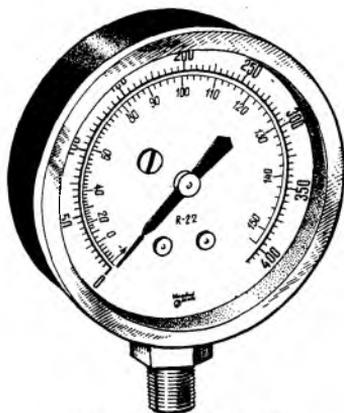


Рис. 37. Манометр.

С помощью этого блока можно выполнить все операции, связанные с вакуумированием системы и зарядкой ее хладагентом, а также смазочным маслом.

Мановакуумметр. Мановакуумметр (рис. 35) используют для определения давления выше и ниже атмосферного (вакуума). На практике его применяют для определения давления на стороне всасывания. Наружные шкалы показывают давление, а внутренние шкалы — температуру различных хладагентов.

Этот прибор функционирует на основе действия трубки Бурдона (рис. 36). Когда давление в трубке Бурдона повышается, элемент пытается выпрямиться. При понижении давления элемент снова изгибается. Трубка Бурдона представляет собой сплюснутую металлическую трубку, загерметизированную с одного конца, изогнутую и запаянную. При движении элемент

тянет рычаг, прикрепленный к стрелке через набор шестерен, в результате чего стрелка поворачивается на шкале.

Манометр. Манометр используют для определения давления на стороне нагнетания системы (рис. 37). Наружная шкала градуирована в единицах давления, а на внутренней указаны температуры различных хладагентов. Некоторые манометры не предназначены для работы при давлении ниже атмосферного. В связи с этим необходимо принимать меры предосторожности для предотвращения повреждения этих приборов при вакуумировании системы.

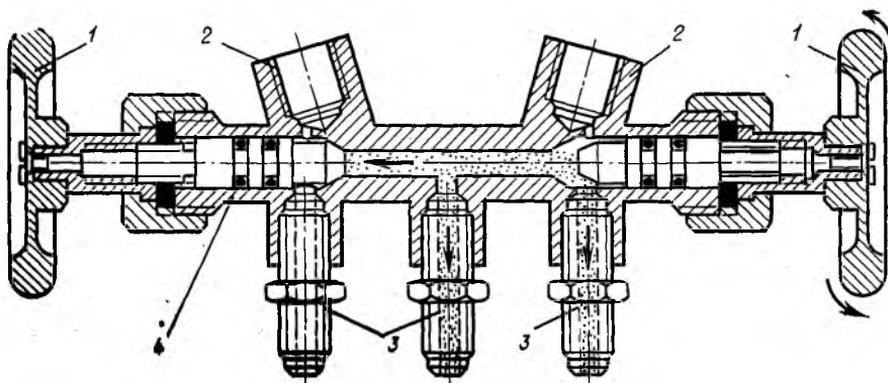


Рис. 38. Вентильный коллектор:

1 — вентили; 2 — штуцера для установки манометра; 3 — штуцера для присоединения шлангов; 4 — корпус.

Вентильный коллектор. В вентильном коллекторе (рис. 38) имеются штуцера для присоединения к различным узлам холодильной установки. Когда вентиль полностью ввинчен, манометры показывают давление в соответствующей линии. Центральный штуцер обычно присоединяют к вакуумному насосу, баллону с хладагентом или контейнеру с маслом.

Гибкие шланги для зарядки. Гибкие шланги для зарядки (рис. 39) используют для присоединения манометрового коллектора к системе. Шланги для зарядки имеют гайки на каждом конце. Шланги могут быть неодинакового цвета, что облегчает осуществление различных присоединений к агрегату. Они предназначены для рабочего давления до 3,5 МПа (среднее давление разрыва 14 ПМа).

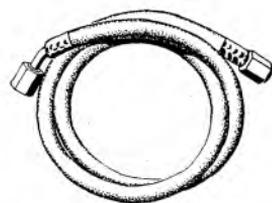


Рис. 39. Гибкий шланг для зарядки.

Карманные термометры. Карманные термометры необходимы механику по обслуживанию холодильных установок. Для определения правильной работы агрегата после завершения опера-

ций по обслуживанию определяют рабочие температуры. В настоящее время используют ртутные и биметаллические термометры. Наиболее распространен биметаллический термометр из-за его надежности (рис. 40). Карманные термометры выпускаются в ударостойкой трубке, которая крепится для удобства в кармане рубашки механика. Точность этих термометров находится в пределах 1 %.

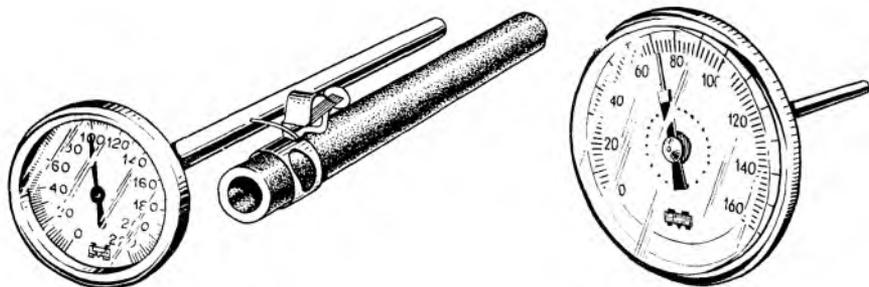


Рис. 40. Биметаллические термометры.

Приспособления для очистки капиллярных трубок. Приспособления для очистки капиллярных трубок исключительно полезны при обслуживании домашних холодильников и морозильников. Капиллярная трубка, используемая в качестве регулятора подачи хладагента в этих агрегатах, имеет малый внутренний диаметр и легко забивается.

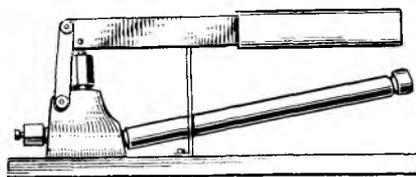


Рис. 41. Приспособление для очистки капиллярных трубок.

Приспособление для очистки присоединяют к закупоренной трубке и подают гидравлическое давление до 100 МПа, в результате чего металлическая стружка и опилки, флюс, масло и прочие загрязнения вычищаются из трубки и уносятся в испаритель, где и остаются, не нанося никакого вреда, или поступают с потоком агента в фильтр (рис. 41). Для создания гидравлического давления необходимо использовать масло высокого качества.

Баллоны для быстрой зарядки установки хладагентом. Баллоны для быстрой зарядки установки хладагентом экономят много времени механика. На практике баллон для зарядки присоединяют к вентильному коллектору на стороне низкого давления. Жидкий хладагент можно безопасно и быстро зарядить в любую холодильную систему. При прохождении жидкости через баллон она превращается в насыщенный пар с интенсивностью, меньшей, чем производительность компрессора.

В связи с тем что хладагент выходит в жидком виде и расширение его происходит на выходе из баллона, в нем не создается пониженное давление. Поэтому подогрев баллона не нужен и нежелателен.

Баллон для быстрой зарядки хладагента снабжен обратным клапаном. Клапан позволяет автоматически байпасировать поток при вакуумировании, в связи с чем процесс вакуумирования системы не замедляется.

Цилиндр для зарядки установки хладагентом. Механик использует цилиндр с хладагентом для зарядки системы в течение короткого периода времени заданным количеством агента. На практике в цилиндре содержится хладагент в количестве, рекомендуемом изготовителем для данного агрегата (рис. 42). Когда система откакумирована, весь хладагент поступает в систему. Для ускорения процесса зарядки некоторые цилиндры снабжены встроенными электронагревателями. На такие цилиндры никогда нельзя направлять открытое пламя, их нельзя хранить в открытом для солнечных лучей месте и заполненными хладагентом.

Щетки для зачистки. Щетки используют для зачистки присоединительной арматуры перед пайкой. Они могут быть различных размеров. Щетка должна плотно входить в очищаемую арматуру. Во время операции щетку вращают вручную в одном направлении.

Материалы для пайки

При обслуживании и ремонте холодильных установок и кондиционеров используют различные материалы. В связи с тем что их очень много, здесь мы рассмотрим наиболее часто применяемые.

Мягкий припой. Пайка мягким припоем является низкотемпературным способом соединения металлов. Это — процесс

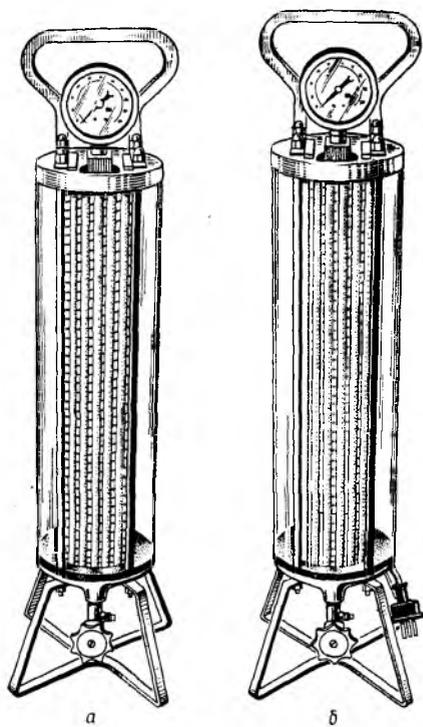


Рис. 42. Цилиндр для зарядки установки хладагентом:

а — без электроподогрева; б — с электроподогревом.

сцепления, т. е. соединяемые материалы не плавятся, а плавится только припой. Мягкий припой, имеющий температуру плавления 238 °С, представляет собой сплав, который содержит 95 % олова и 5 % сурьмы. Другой сплав содержит 50 % олова и 50 % сурьмы и имеет температуру плавления 216 °С. Оба значения температуры намного ниже температуры плавления меди (1083 °С). Мягкий припой выпускают в катушках массой 0,454 кг с диаметром прутка 1,6 мм или 3,2 мм. Низкая температура плавления мягкого припоя, малая прочность на растяжение и нестойкость к вибрации делают этот припой непригодным для большинства современных холодильных установок, в особенности для систем, работающих на R22. Это обусловлено тем, что температура нагнетания бывает иногда очень высокой и при соответствующей вибрации компрессора легко возникают утечки хладагента. В этих случаях следует применять более прочный припой.

Серебряный припой. Серебряный припой наиболее часто используют при обслуживании и ремонте современного холодильного оборудования. Этот процесс называется пайкой серебряным припоем. Припой выпускают в виде стержней размером 3,2×3,2×508 мм; 12,7×3,2×508 мм, диаметром 1,6 мм и массой 31, 93, 155 и 775 г.

Для припайки меди к стали серебряным припоем или для пайки других разнородных металлов рекомендуется припой, температура плавления которого 618 °С. Выпускается также припой, не содержащий кадмия, с 56, 45 и 40 % серебра. Температура их плавления соответствует номеру сплава. Эти припои характеризуются высокой прочностью на растяжение и стойкостью к вибрации. Некоторые припои содержат флюс, что исключает необходимость в дополнительном флюсе при пайке соединения. Это в особенности относится к пайке медных труб.

Внимание! *Некоторые серебряные припои содержат кадмий, который при нагревании выделяет ядовитый газ. Поэтому при пайке серебряным припоем необходимо обеспечить соответствующую вентиляцию.*

Флюс. Флюс используют для образования оплавленных герметичных соединений. Его выпускают в виде пасты и жидкости.

Внимание! *Флюс содержит кислоту, и поэтому необходимо следить, чтобы он не попал на одежду, в глаза или на открытые раны.*

Существуют флюсы, разработанные специально для каждого типа припоя, и их нельзя применять для другого типа припоя. На соединение следует нанести небольшое количество флюса. Избыточный флюс на соединении, а также его проникновение в холодильную систему недопустимы, так как кислота вредно воздействует на обмотку электродвигателя компрессора и другие его детали.

Наждачное полотно. Наждачное полотно используют для очистки поверхностей, подготавливаемых к пайке. Его выпускают в виде рулонов. Небольшие полоски отрывают от рулона и оборачивают вокруг трубы. Затем попеременно перемещая вручную наждачную полоску в противоположных направлениях, поверхность доводят до полированного состояния. Во время этой операции необходимо предотвратить проникновение частиц наждачного полотна в трубу. Наилучшим образом это обеспечивается при опускании очищаемого конца трубы вниз.

Соединение труб

Соединение труб — это важная операция при монтаже и обслуживании оборудования. В связи с тем что это обычная работа, многие не соблюдают правильную ее технологию.

Соединения на основе мягкого припоя. Соединение, сделанное посредством мягкого припоя, требует, чтобы стыкуемые концы, подлежащие пайке, были тщательно очищены и покрыты флюсом. Для предотвращения проникновения флюса в систему трубу следует вставлять в присоединительный элемент только на 6,5 мм. Затем на соединение накладывают флюс (рис. 43). После этого трубу полностью вставляют в присоединительный элемент и вращают внутри него с целью равномерного распределения флюса. Нагревают только присоединительный элемент (рис. 44), а трубу — в редких случаях. Флюс никогда нельзя нагревать, иначе он сгорит и необходимо будет повторить всю операцию. Соединение не должно быть перегрето. Его следует нагревать так, чтобы металл расплавил припой. Припой нельзя нагревать открытым пламенем. Контакт припоя с соединением определяют, достаточно ли разогрет металл. Припой должен плавиться при контактировании с металлом.

Припоя должно быть достаточно для заполнения соединения. Если припоя слишком много, то он или теряется, или проникает в систему, что может привести к ее повреждению. Для образования герметичного соединения достаточно куска припоя, длина которого равна диа-

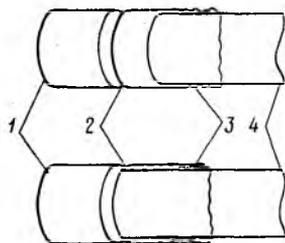


Рис. 43. Нанесение флюса перед пайкой:

1 — присоединительный элемент; 2 — упор; 3 — флюс; 4 — труба.

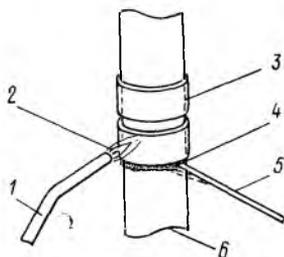


Рис. 44. Пайка соединений:

1 — наконечник горелки; 2 — пламя; 3 — присоединительный элемент; 4 — флюс; 5 — припой; 6 — труба.

метру трубы. На рис. 45 для сравнения представлены различные паяные соединения. Зазор между трубой и присоединительным элементом увеличен для наглядности.

Соединения на основе серебряного припоя. Технология соединения посредством серебряного припоя в основном та же, что и технология соединения мягким припоем. Разница заключается лишь в температуре нагревания. Трубу и присоединительный элемент нагревают до вишнево-красного цвета. При этой

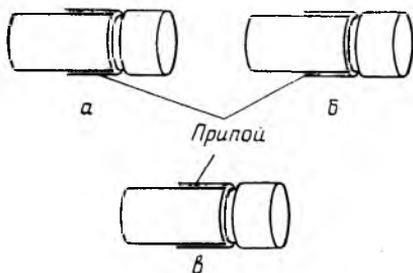


Рис. 45. Паяные соединения:

а — хорошее соединение; б — слишком мало припоя; в — слишком много припоя.



Рис. 46. Ремонт с использованием серебряного припоя:

1 — трещина; 2 — серебряный припой на трещине.

температуре серебряный припой свободно поступает в соединение. Если разрезать соединение, сделанное с помощью серебряного припоя, то оно будет выглядеть в основном так же, как и соединение на основе мягкого припоя. Однако серебряный припой более темный и не блестит. При перегревании припой вскипает, в результате чего образуются небольшие точечные отверстия, которые могут быть причиной утечки хладагента. Количество тепла должно быть достаточным только для расплавления серебряного припоя.

Внимание! Для предотвращения отравления окисью кадмия необходимо обеспечить соответствующую вентиляцию.

Ремонт трубы. Иногда возникает необходимость ликвидировать трещину в трубе, а требуемых присоединительных элементов нет в наличии. Применяя следующий метод, механик может удовлетворительно отремонтировать трубу и обеспечить нормальную работу холодильной установки. Во-первых, в трубе не должно быть хладагента, иначе при повышении его давления может произойти выброс горячего масла и металла. Во-вторых, соединение необходимо очистить наждачным полотном и только после этого покрыть флюсом.

Внимание! Эту технологию нельзя использовать при работе с мягким припоем.

Трубу следует нагреть до тусклого вишнево-красного цвета и наносить серебряный припой до появления незначительного нароста вокруг трещины (рис. 46). Трубу нельзя перегревать. Если ремонт выполнен правильно, то установку с отремонтированной трубой можно эксплуатировать длительное время.

Правила безопасности

Необходимо всегда соблюдать правила безопасности и знать технологию выполнения работ. Ниже приведено несколько правил безопасности, которые надо всегда помнить.

1. Для отжима рычага нельзя пользоваться отверткой. Лезвие отвертки закалено и поэтому хрупкое. Отвертка может сломаться и быть причиной поломки оборудования или травмы.

2. Необходимо всегда шлифовать «грибок» с головки зубила и кернера. При ударе молотком «грибок» может сломаться и его частицы нанесут травму.

3. Нельзя пользоваться напильником, если у него нет ручки, так как хвостовиком напильника можно повредить руки.

4. При выполнении работ по сверлению необходимо надевать защитные очки. Разлетающаяся стружка может попасть в глаза, быть причиной серьезной травмы и привести к потере зрения.

5. Нельзя пользоваться кислородом при испытании холодильной системы на давление. Кислород и масло образуют взрывоопасную смесь.

6. Нельзя нагревать трубопровод с хладагентом. Давление в трубопроводе может быть причиной выброса хладагента и масла.

7. Никогда нельзя пользоваться тетрахлорметаном для промывки трубопроводов, так как он токсичен и травмирует кожу.

8. Необходимо обеспечить хорошую вентиляцию при выполнении пайки серебряным припоем. Материал этого припоя содержит кадмий, который при нагревании выделяет ядовитый газ.

9. Никогда нельзя пользоваться наждачным полотном для очистки внутренних поверхностей трубопроводов хладагента. Наждачное зерно исключительно твердое и при попадании в систему вызовет ее повреждение.

10. Необходимо соблюдать осторожность при использовании окислительных составов, так как они могут вызвать раздражение кожи.

11. Нельзя заполнять баллоны хладагентом более чем на 85 % их вместимости, так как при нагревании повышающееся давление может привести к взрыву.

12. Гаечный ключ необходимо поворачивать плавно, а не рывками.

13. Гаечный ключ должен быть соответствующего размера, чтобы избежать поломки оборудования или травмы.

14. Необходимо плавно открывать вентиль баллона с хладагентом, чтобы обеспечить постепенный выход пара в случае опасной ситуации.

15. Открытая холодильная система должна быть всегда защищена от влаги. Все узлы должны быть чистые и сухие.

Выводы

В холодильной системе трубопроводы предназначены для подачи хладагента из одного узла системы в другой.

Трубопроводы, которые используются в системе, могут быть сварными, паянными твердым припоем или бесшовными. Бесшовные трубопроводы самые прочные.

Медные трубопроводы нельзя применять, если хладагентом является аммиак. Медные трубы используют в конденсаторах или испарителях из-за их доступности и высокой теплопроводности.

В холодильной технике применяют два типа медных труб: мягкие и твердые.

Трубы должны быть чистыми, сухими и заглушенными.

Стальные трубы широко используют в конденсаторах современных домашних холодильников, алюминиевые — в испарителях домашних холодильников, гибкие — в автомобильных кондиционерах и других транспортных установках.

Наиболее широко применяемыми присоединительными элементами являются элементы для паяных и вальцованных соединений, соединений с запрессовкой конусной втулки и шланги. В каждом присоединительном элементе образуется сопротивление потоку хладагента, определяемое по эквивалентной длине трубы.

В вальцованных соединениях образуются утечки хладагента, если они расположены в местах с переменной температурой.

Соединения с запрессовкой конусной втулки получили широкое распространение для быстрого присоединения трубопроводов хладагента к компрессорно-конденсаторным агрегатам. Для таких соединений предпочтительно пользоваться твердыми трубами.

Труба одного размера может быть вставлена в трубу следующего размера и запаяна серебряным припоем.

Труборезы используют для поперечной резки трубы с тем, чтобы механик мог сделать герметичное соединение. Труборез не должен быть избыточно затянут во избежание повреждения трубы.

Приспособления для разборки труб применяют для образования раструбов, чтобы в последующем использовать вальцованные присоединительные элементы с резьбой.

Чтобы не повредить раструб, приспособление для разборки не должно быть чрезмерно затянуто.

Оба торца раструба необходимо смазать холодильным маслом для предотвращения скручивания трубы.

Вальцованное соединение должно быть затянуто вручную плюс один оборот гаечным ключом.

Приспособления для разборки труб с помощью пуансона-расширителя предназначены для расширения одного конца трубы, чтобы можно было спаять вместе две трубы, которые имеют одинаковый диаметр.

Заусенцы удаляют специальным инструментом для снижения сопротивления потоку хладагента. Необходимо предотвратить попадание металлической стружки в трубопровод.

Приспособление для пережима труб предназначено для того, чтобы способствовать демонтажу манометров после ремонта герметичной системы. До освобождения приспособления для пережима труба должна быть запаяна серебряным припоем.

Комплект для определения давления хладагента и зарядки системы предназначен для того, чтобы обеспечить доступ в герметичную систему без резки и пайки трубопроводов.

Гаечный ключ со сменными головками используют для вращения штока вентилей.

Наиболее часто механик использует прибор для определения давления. Его применяют для проверки давления в системе при добавлении хладагента и вакуумировании системы.

Мановакуумметры предназначены для определения давления выше или ниже атмосферного, манометры — для определения давления выше атмосферного.

В манометре использована трубка Бурдона.

Манометры для определения давлений в системе присоединяют с помощью зарядных шлангов.

Карманные термометры используют для проверки функционирования системы после ее ремонта. Биметаллический термометр является наиболее распространенным из-за своей надежности.

Щетки используют для внутренней очистки труб различного диаметра. Грязь и окалину из капиллярной трубки удаляют, подавая масло под давлением.

Баллон для быстрой зарядки хладагента позволяет механику осуществить ускоренную и точную зарядку жидкого агента в систему любого размера. Этот аппарат можно применять также при вакуумировании системы.

Цилиндры для зарядки системы хладагентом позволяют механику осуществить точную зарядку. Эти цилиндры нельзя нагревать открытым пламенем, хранить на солнце при наличии в них остатка хладагента.

Мягкий припой применяют при низкотемпературном соединении металлов пайкой.

Присоединительные элементы, которые должны быть спаяны мягким припоем, необходимо очистить и только затем наносить флюс. При этом следует избегать повышенных температур.

Отрезок мягкого припоя, длина которого равна диаметру трубы, достаточен для обеспечения герметичного соединения.

Серебряный припой наиболее распространен при ремонте современного холодильного оборудования. Этот припой имеет высокую температуру плавления и прочность на растяжение. Вибрация не оказывает никакого влияния на него. При нагревании из припоя выделяется ядовитый газ, так как в нем содержится кадмий.

При образовании паяных соединений используют флюс.

Для каждого типа припоя требуется определенный флюс. Необходимо предотвратить проникновение флюса в холодильную систему, попадания его на одежду или кожу из-за наличия в нем кислоты.

При трещинах в трубопроводах хладагента их запаивают серебряным припоем так, чтобы образовался небольшой нарост. Для этой цели нельзя применять мягкий припой. Перед пайкой трубопроводов для предотвращения выброса хладагента и масла, а также возможности травмирования работников хладагент должен быть удален из системы.

Контрольные вопросы

1. Какие два типа труб упоминаются в данной главе?
2. Почему в холодильной технике используют бесшовные трубы?
3. Почему нельзя применять медные трубы в аммиачных установках?
4. Какие два типа труб используют в качестве трубопроводов для хладагента?
5. Как измеряют трубы, используемые в холодильной технике (по наружному или внутреннему диаметру)?
6. Что необходимо сделать с твердыми трубами до их изгиба?
7. Какие два фактора влияют на безопасность работы с медными трубами.
8. Назовите четыре группы медных трубопроводов.
9. Каким двум операциям подвергают трубы, используемые в холодильной технике, в процессе их изготовления?
10. Что нужно делать с неиспользуемыми медными трубами?
11. Какой узел холодильной системы чаще всего изготавливают из стальной трубы?

12. Что необходимо сделать для повышения интенсивности теплопередачи стальных труб?
13. Где в холодильной системе используют алюминиевые трубопроводы?
14. Какой тип трубопроводов из нержавеющей стали наиболее распространен в холодильной технике?
15. Какой тип трубопроводов наиболее распространен в автомобильных и других транспортных холодильных установках?
16. Какую проблему можно решить с помощью гибких труб?
17. Какие присоединительные элементы наиболее распространены в холодильной технике?
18. Что означает термин «эквивалентная длина трубы»?
19. Как еще можно назвать присоединительные элементы для паяных соединений?
20. Какой угол имеют вальцованные соединения в холодильной технике?
21. Что нужно сделать, чтобы предотвратить скручивание трубы при затягивании вальцованного соединения?
22. Назовите возможную причину появления утечки хладагента в вальцованном соединении?
23. Какие меры предосторожности необходимо принимать при установке кольцевой прокладки?
24. Где в холодильной технике получили распространение соединения с запрессовкой конусной втулки?
25. Почему необходимо пользоваться труборезами для резки труб?
26. Насколько необходимо затянуть ручку трубореза после каждого полного оборота его вокруг трубы?
27. С какой целью используют инструмент для развальцовки?
28. Какой инструмент применяют для расширения конца трубы при пайке двух труб одинакового диаметра?
29. С какой целью используют приспособление для пережима труб?
30. Что предотвращает приспособление для гибки труб?
31. В каких системах применяют комплекты для определения давления хладагента и зарядки системы?
32. Для чего используют гаечные ключи со сменными головками?
33. Что используют наиболее часто в наборе инструментов и приспособлений механика?
34. На основе какого принципа работают манометры?
35. Для чего предназначен мановакуумметр?
36. Какому основному принципу необходимо следовать при выборе типа серебряного припоя?
37. Можно ли использовать любой флюс во всех типах паяных соединений?
38. Какой длины требуется отрезок припоя для образования оплавленного соединения?
39. Какие меры предосторожности необходимо принимать при пайке соединения серебряным припоем?

Глава 3. Компрессоры

В состав компрессионных холодильных систем для циркуляции хладагента входит компрессор какого-либо типа. Компрессор выполняет две функции: отсасывает пар хладагента из испарителя, понижая давление хладагента в нем до требуемой температуры кипения, и повышает давление парообразного хладагента в конденсаторе до такого уровня, чтобы температура насыщения была выше температуры среды, используемой для охлаждения конденсатора и конденсации хладагента.

Типы компрессоров

В настоящее время используют компрессоры в основном трех типов: поршневые, ротационные и центробежные. Наибольшее распространение получили поршневые компрессоры.

Поршневые компрессоры. Их применяют в установках малой производительности для охлаждения торгового оборудования, в бытовых аппаратах и для промышленных целей.

Конструкция поршневых компрессоров подобна конструкции автомобильного двигателя. Поршень приводится в движение от коленчатого вала и совершает попеременно ходы всасывания и сжатия в цилиндре, который оборудован всасывающим и нагнетательным клапанами (рис. 47). При ходе поршня вниз пар хладагента отсасывается из испарителя в цилиндр компрессора. Пластинчатый всасывающий клапан в головке цилиндра действует, как обратный клапан (рис. 48, а). Когда давление пара хладагента в цилиндре равно давлению пара хладагента во всасывающей линии, пружинная пластина закрывает всасывающий клапан. Поршень, достигая нижнего предела хода, засасывает максимально возможное количество парообразного хладагента. Затем поршень начинает двигаться вверх, проталкивая парообразный хладагент вперед себя. Пар не может возвратиться в испаритель, так как всасывающий клапан закрыт.

Однако имеется еще один пластинчатый клапан в головке цилиндра, который смонтирован таким образом, что пар может выходить из цилиндра. Весь пар, направляемый через этот клапан, проходит к конденсатору. Нагнетательный клапан, как и всасывающий клапан, позволяет хладагенту течь только в одном направлении. Следовательно, пар хладагента может выходить из цилиндра компрессора, но обратно в компрессор

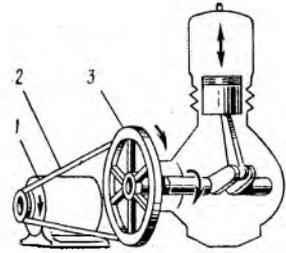
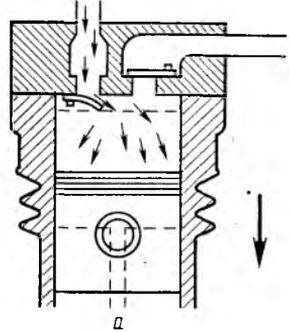


Рис. 47. Поршневой компрессор:

1 — электродвигатель; 2 — ремень; 3 — шкив.

Парообразный хладагент из морозильного аппарата



Сжатый парообразный хладагент к конденсатору

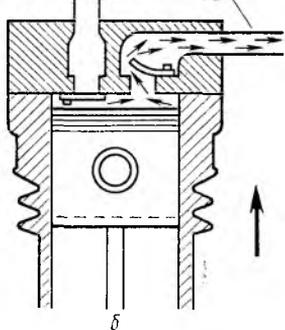


Рис. 48. Ход всасывания (а) и ход сжатия (б) в поршневом компрессоре.

попасть не может (рис. 48, б). Когда поршень 6 достигает верхнего предела своего хода, он начинает вновь опускаться, и цикл повторяется.

Поршневой компрессор довольно эффективен при высоких давлениях конденсации и степенях сжатия, а также удовлетворительно работает, имея цилиндры с малым рабочим объемом. Другие преимущества поршневого компрессора — возможность его работы на различных хладагентах (жидкий хладагент легко протекает через соединительный трубопровод из-за высокого давления, создаваемого компрессором), надежность, простота конструкции и относительно низкая стоимость.

Возвратно - поступательное движение поршня компрессора осуществляется несколькими способами. Для обеспечения этого движения в современном холодильном оборудовании в компрессоре применяется коленчатый вал, к которому посредством шатуна присоединен поршень (рис. 49).

Другой распространенный тип поршневого компрессора — компрессор с эксцентриковым диском. В данном случае имеется прямой вал, который недорог в изготовлении и не требует специальнойковки, как коленчатый вал (рис. 50). Поршень соединен с эксцентриковым диском на валу посредством шатуна. Эксцентриковый диск закрепляется на валу стопорным винтом. Шатун фиксируется на эксцентрике без болта. Различие в конструкции деталей компрессора с коленчатым валом и эксцентриковым диском показано на рис. 51 и 52.

Ротационные компрессоры. Конструкция ротационных компрессоров (рис. 53, а) более простая, чем конструкция поршневых компрессоров. Единственными движущимися частями ротационного компрессора являются стальной ротор, эксцентрик и скользящая лопасть, или перегородка (рис. 53, б).

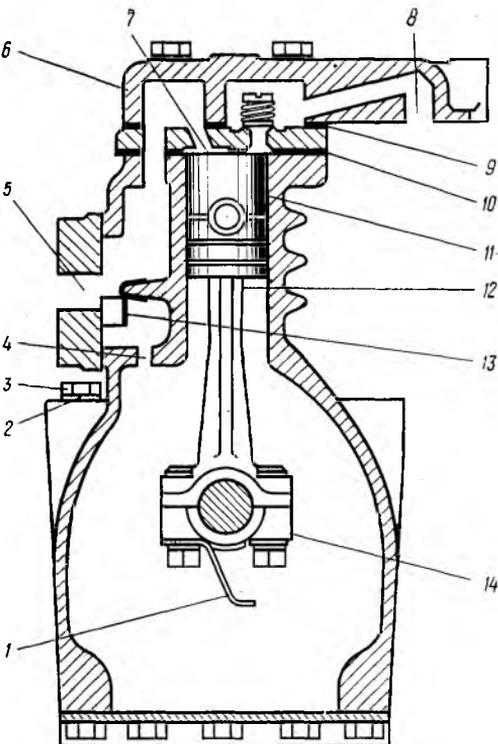
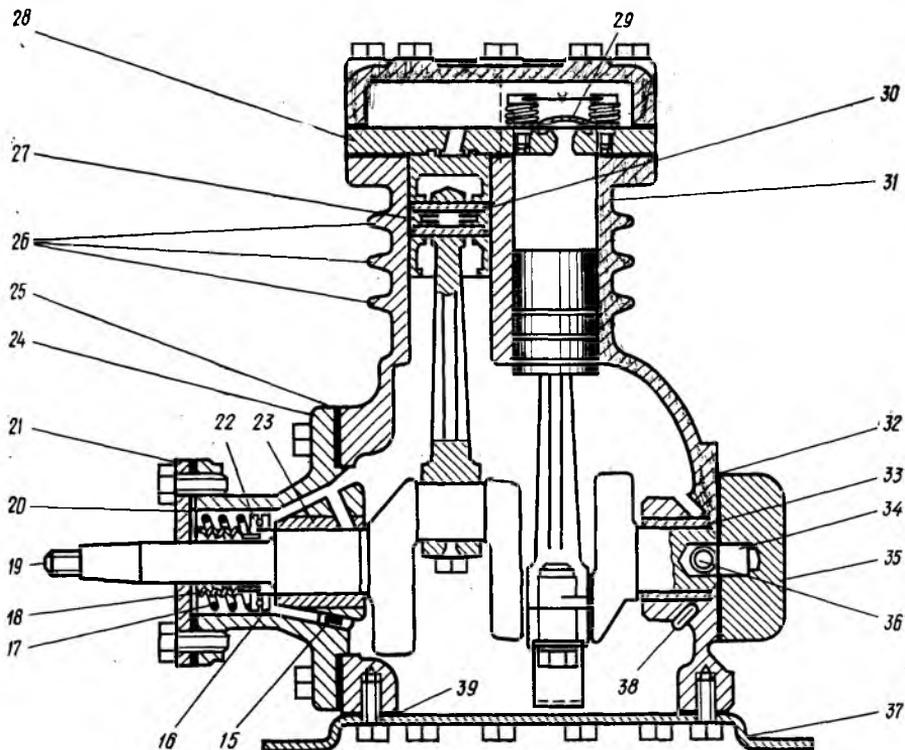


Рис. 49. Поршневой компрессор с коленчатым валом:



1 — черпачок для смазки разбрызгиванием; 2 — прокладка пробки; 3 — пробка; 4 — отверстие в картере для залива масла; 5 — всасывающее отверстие; 6 — головка блока цилиндров; 7 — всасывающий клапан; 8 — нагнетательное отверстие; 9 — прокладка головки блока цилиндров; 10 — прокладка клапанной плиты; 11 — поршень; 12 — шатун; 13 — заслонка камеры всасывания; 14 — съемная крышка; 15 — масляная пробка подшипника; 16 — направляющая сальника; 17 — пружина сальника; 18 — сальфон сальника; 19 — коленчатый вал; 20 — прокладка сальника; 21 — крышка сальника; 22 — кольцо сальника; 23 — внешняя втулка коленчатого вала; 24 — крышка картера; 25 — прокладка крышки картера; 26 — охлаждающие ребра; 27 — заглушка поршневого пальца; 28 — клапанная плита; 29 — нагнетательный клапан; 30 — поршневой палец; 31 — блок цилиндров; 32 — прокладка упорного диска; 33 — внутренняя втулка коленчатого вала; 34 — седло упорного подшипника коленчатого вала; 35 — упорный диск коленчатого вала; 36 — упорный подшипник коленчатого вала; 37 — фундаментная плита; 38 — масляная пробка подшипника; 39 — прокладка.

Ротор и эксцентрик размещены в стальном цилиндре. Диаметр стального ротора немного меньше диаметра цилиндра. Он расположен не в центре цилиндра, в результате чего одна точка на внешней окружности ротора всегда находится в контакте со стенкой цилиндра (рис. 53, в). Поэтому на противоположной стороне между ротором и стенкой цилиндра остается свободное серповидное пространство. Электродвигатель вращает эксцентрик, который перемещает с собой ротор, придавая ему особое катящееся движение, аналогичное вращению кольца, надетого на палец (рис. 54). Ротор в буквальном смысле катится внешним краем по стенке цилиндра.

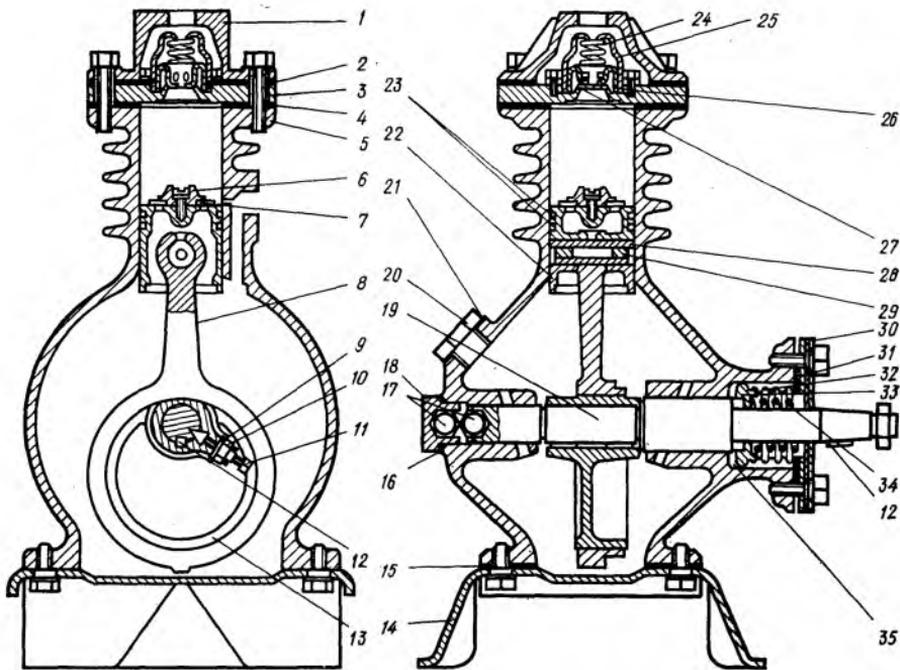


Рис. 50. Поршневой компрессор с эксцентриковым диском:

1 — головка блока цилиндров; 2 — верхняя прокладка плиты нагнетательного клапана; 3 — плита нагнетательного клапана; 4 — нижняя прокладка плиты нагнетательного клапана; 5 — блок цилиндров; 6 — направляющая всасывающего клапана; 7 — всасывающий клапан; 8 — шатун; 9 — замковая шайба; 10 — стопорная гайка; 11 — регулировочный винт; 12 — сегментная шпонка; 13 — эксцентриковый диск; 14 — опора; 15 — опорная прокладка; 16 — прокладка упорной пробки вала; 17 — упорный подшипник вала; 18 — упорная пробка вала; 19 — вал; 20 — масляная пробка; 21 — прокладка масляной пробки; 22 — поршень; 23 — поршневые кольца; 24 — предохранительная пружина нагнетательного клапана; 25 — держатель предохранительной пружины нагнетательного клапана; 26 — направляющая нагнетательного клапана; 27 — нагнетательный клапан; 28 — поршневой палец; 29 — заглушка поршневого пальца; 30 — крышка сальника вала; 31 — прокладка крышки сальника; 32 — сальфон сальника; 33 — неподвижное кольцо сальника; 34 — пружина сальника; 35 — полость сальника.

Если в стенке цилиндра имеется отверстие для входа парообразного хладагента, поступающего из испарителя (рис. 55, а), и если эксцентрик совершает только часть полного оборота, то ротор почти немедленно закроет отверстие. При этом пар хладагента останется в замкнутом объеме. Однако если в стенках цилиндра имеется другое отверстие, то пар будет иметь путь для выхода. Нагнетательное отверстие соединено трубой с конденсатором. Когда эксцентрик вращается и ротор перемещается по внутренней поверхности цилиндра, серпообразный объем уменьшается. Парообразный хладагент при этом сжимается и нагнетается через отверстие в конденсатор. Между всасывающим и нагнетательными отверстиями в цилиндре установлена лопасть. Через всасывающее отверстие в цилиндр поступает новая порция хладагента (рис. 55, б). Эта лопасть должна

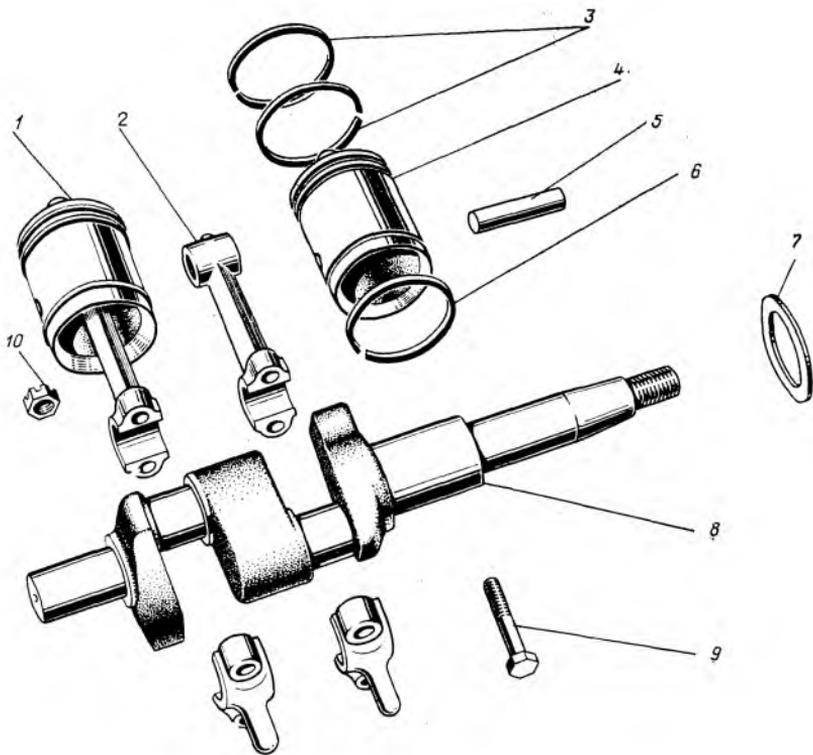


Рис. 51. Детали механизма движения компрессора с коленчатым валом:

1 — поршень в сборе; 2 — шатун в сборе; 3 — компрессионные поршневые кольца; 4 — собственно поршень; 5 — поршневой палец; 6 — маслосъемное кольцо; 7 — шайба; 8 — коленчатый вал; 9 — болт; 10 — гайка.

быть гибкой или скользящей, так как один ее конец непрерывно перемещается вперед и назад при движении ротора (рис. 56). При установке лопасти в стенке цилиндра прорезают щель такой глубины, чтобы она могла полностью войти в нее. Пружина, находящаяся позади лопасти, прижимает ее к ротору независимо от положения последнего (см. рис. 56). При перемещении ротора лопасть повторяет каждое его движение.

Во время движения ротора подвижная лопасть позволяет парообразному хладагенту перемещаться в серпообразном пространстве только в одном направлении. Ротор проталкивает пар вперед себя (рис. 57, а) к единственному выходу — нагнетательному отверстию, так как лопасть перекрыла проход к всасывающему отверстию.

Выше было приведено описание простого цикла работы ротационного компрессора. При движении ротора вокруг цилиндра

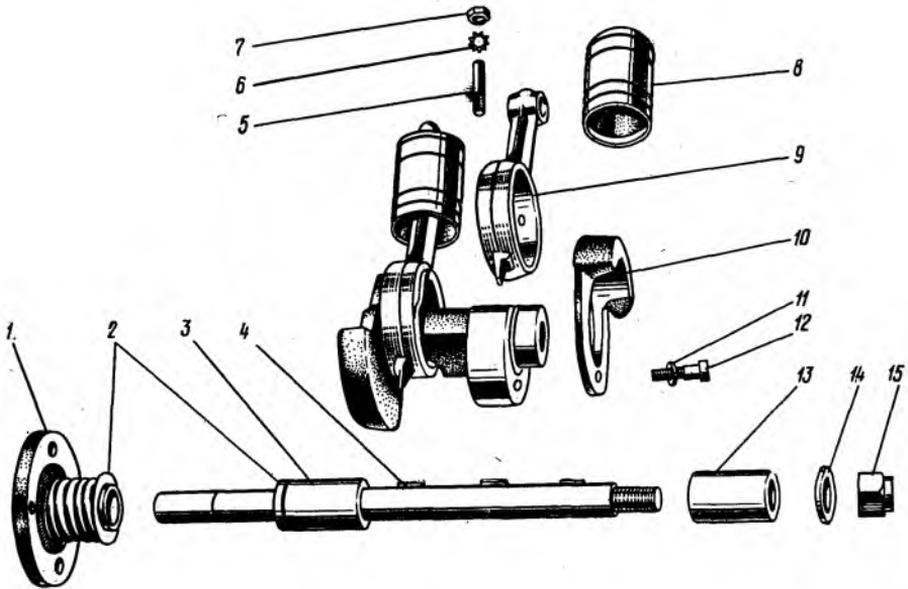


Рис. 52. Детали механизма движения компрессора с эксцентриковым диском: 1 — крышка сальника; 2 — сальник вала в сборе; 3 — вал; 4 — шпонка; 5 — стопорный штифт; 6, 11 — замковая шайба; 7 — гайка стопорного штифта; 8 — поршень; 9 — шатун; 10 — противовес; 12 — винт; 13 — подшипник вала; 14 — шайба; 15 — стопорная гайка.

дра точка его контакта описывает круг по стенке цилиндра. Весь объем хладагента перед точкой контакта проталкивается вперед к лопасти, которая направляет его в нагнетательное отверстие (рис. 57, б). В тот момент, когда точка контакта проходит всасывающее отверстие, новая порция парообразного хладагента поступает в компрессор из испарителя.

Существует много различных модификаций конструкции ротационного компрессора. Тем не менее ни одна из них не является более простой по конструкции и не имеет меньшее количество движущихся деталей, чем описанный выше ротационный компрессор.

Ротационные компрессоры применяются в бытовых холодильных аппаратах и в последнее время используют в небольших кондиционерах. Для экономичности производства эти компрессоры должны выпускаться большими партиями из-за прецизионной машинной обработки, необходимой для обеспечения требуемой производительности. Обратный клапан обычно монтируют на всасывающей или нагнетательной линиях для предотвращения обратного потока хладагента из конденсатора в испаритель во время нерабочей части цикла. Необходимо предотвращать попадание жидкого хладагента в компрессор, так как

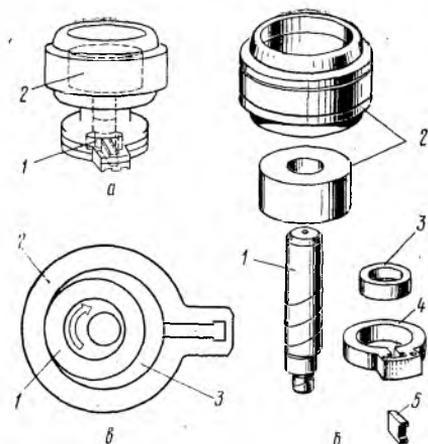


Рис. 53. Ротационный компрессор:
 а — общий вид; 1 — компрессор, 2 — электродвигатель; б — детали: 1 — эксцентриковый вал, 2 — электродвигатель, 3 — ротор, 4 — стальной цилиндр, 5 — лопасть; в — разрез: 1 — ротор, 2 — цилиндр, 3 — серповидная полость.

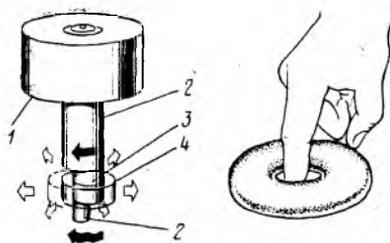


Рис. 54. Движение в ротационном компрессоре:

1 — электродвигатель; 2 — вал электродвигателя; 3 — эксцентрик; 4 — ротор.

всасывающая линия соединена непосредственно с камерой сжатия.

Ротационные компрессоры можно использовать в тех случаях, когда требуется обеспечить циркуляцию большого

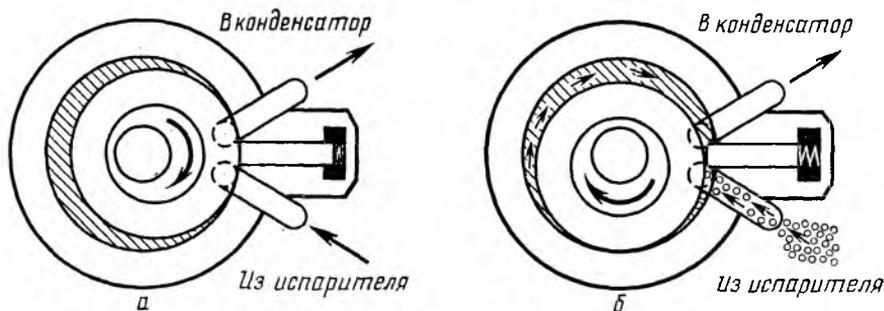


Рис. 55. Начальная фаза сжатия (а) и всасывания (б) парообразного хладагента в ротационном компрессоре.

объема пара и если необходима низкая степень сжатия. В этом случае они работают как поршневые насосы.

Центробежные компрессоры. Сжатие происходит в результате вращения с высокой скоростью массы парообразного хладагента. Центробежной силой он отбрасывается к периферии ротора и поступает в канал. Это действие можно сравнить с вращением шарика на конце веревки. Чем выше скорость вращения, тем большее центробежное усилие действует на шарик. Если веревку разрезать во время вращения, то шарик уле-

тит в пространство. В центробежном компрессоре молекулы газа во многом подвергаются подобному воздействию. Вращаясь при высокой скорости, они отбрасываются к внешнему краю ротора. Вместо полета в пространство они поступают в канал, где сжимаются следующим потоком молекул. В поршневых и ротационных компрессорах молекулы хладагента сжимаются в цилиндре под действием возвратно-поступательного движения поршня. В процессе сжатия участвуют всасывающий и нагнетательный клапаны. В центробежном компрессоре нет клапанов и единственными изнашивающимися частями являются подшипники на концах вала.

Центробежный компрессор подобен водяному насосу, но его ротор вращается со значительно бóльшой скоростью (рис. 58, а). Центробежный компрессор состоит из колеса, собранного из роторов. Каждый ротор помещается в отдельной ступени (рис. 58, б). В рассматриваемом компрессоре пять ступеней и он называется пятиступенчатым компрессором. Каждый ротор имеет ряд лопастей, которые являются составной его частью. Во время работы парообразный хладагент поступает через всасывающий патрубок корпуса и проходит по каналу через кольцеобразное отверстие вокруг вала к первому ротору. Под действием центробежной силы вследствие высокой частоты вращения ротора пар от его периферии нагнетается в канал (лабиринт) при более высоком давлении, чем во всасывающих

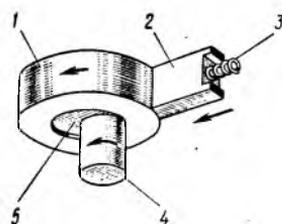


Рис. 56. Скользящая лопасть в ротационном компрессоре:

1 — ротор; 2 — лопасть; 3 — пружина; 4 — вал электродвигателя; 5 — эксцентрик.

каналах. Парообразный хладагент, сжатый в первом роторе, нагнетается в пространство С (см. рис. 58, б) между первым и вторым роторами. Пар возвращается к центру компрессора и через отверстие вокруг вала входит во второй ротор. При вращательном движении второго ротора хладагент снова отбрасывается наружу и поступает в канал D. Таким образом, хладагент проходит по зигзагообразному пути через центробежный компрессор и нагнетается через отверстие I. Хладагент поступает в нагнетательную линию и течет к конденсатору.

Каждый последующий ротор имеет прогрессирующие меньшие диаметр и толщину, так как через каждый ротор проходит одинаковое количество парообразного хладагента. Степень сжатия хладагента от ступени к ступени увеличивается. Каналы, обозначенные на рис. 58, б как B, C, D, E, F и G, прогрессирующе уменьшаются в размере. Если бы роторы и каналы не уменьшались в размерах, сжатый пар снова бы расширился, заполнил пространство и был бы ликвидирован эффект действия сжатия.

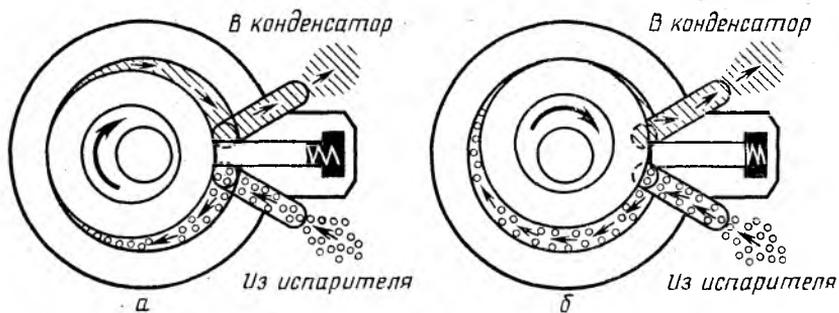


Рис. 57. Цикл сжатия в ротационном компрессоре:
а — фазы сжатия и всасывания завершены наполовину; *б* — конец фазы сжатия.

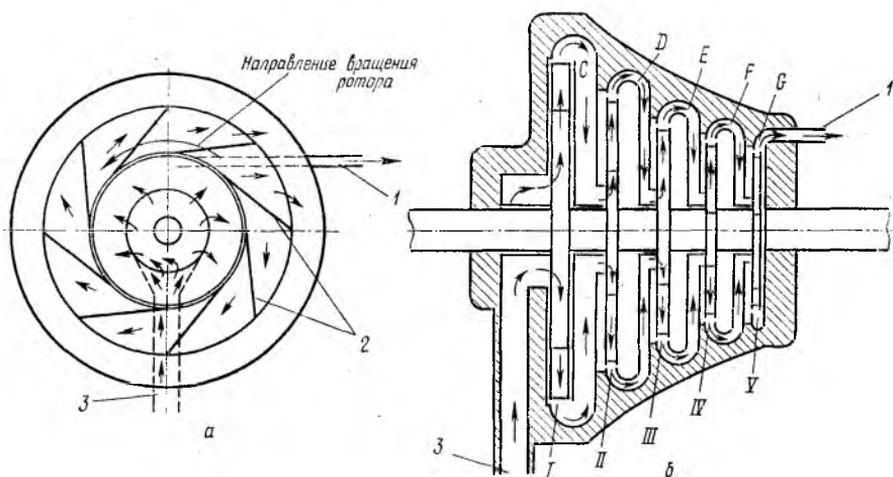


Рис. 58. Поперечное (*а*) и продольное (*б*) сечения центробежного компрессора:
1 — нагнетательное отверстие; *2* — лопасти ротора; *3* — всасывающее отверстие; *I*—*V* — ступени компрессора.

Каналы для хладагента *C*, *D*, *E*, *F* и *G* представляют собой металлические лабиринты, предотвращающие его утечку в различных ступенях сжатия. Лабиринты сконструированы таким образом, что они сравнительно близко подходят к роторам, но их не касаются. Зазор между ротором и лабиринтом в центробежном компрессоре больше, чем зазор между ротором и цилиндром в ротационном компрессоре. Детали и узлы в центробежном компрессоре не смазываются, за исключением торцевых подшипников вала. Торцевые подшипники являются единственными внутренними трущимися поверхностями, и парообразный хладагент, сжимаемый в центробежном компрессоре, практиче-

ски не содержит масла. Поэтому масло не накапливается на внутренних поверхностях конденсатора и испарителя, что значительно улучшает процесс теплопередачи в них.

Центробежные компрессоры сконструированы для работы при относительно высоких скоростях движения пара хладагента. Они довольно эффективны в холодильных установках большой производительности — от 900 до 10 000 кВт. В связи с тем что центробежные компрессоры не являются компрессорами с внутренней конструктивной степенью сжатия, они эффективны при переменных нагрузках и работают с высоким КПД даже в том случае, когда тепловая нагрузка составляет менее 40 % от расчетной производительности.

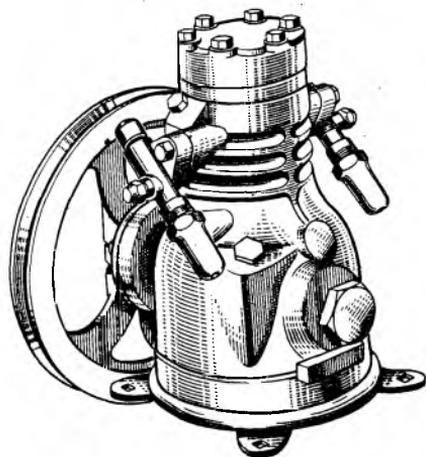


Рис. 59. Сальниковый компрессор с ременным приводом.

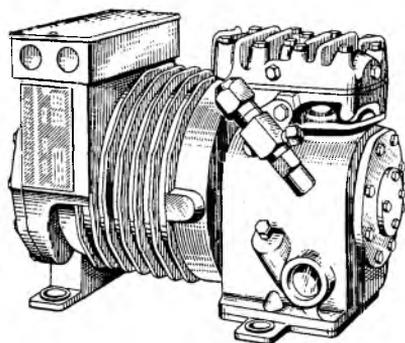


Рис. 60. Бессальниковый компрессор.

Поршневые и центробежные компрессоры классифицируются также по исполнению их корпуса: бессальниковые, герметичные и сальниковые. Последние подразделяются на компрессоры с ременным и непосредственным приводами. Для привода сальникового компрессора применяется отдельно стоящий электродвигатель. Мощность от электродвигателя передается к компрессору с помощью ремня и набора шкивов (рис. 59). Поршни и цилиндры заключены в корпус, а на конце коленчатого вала, проходящего через него, закреплен шкив. В компрессоре сальник вала предотвращает потери хладагента в масле.

В компрессорах этого типа при работе на различных хладагентах, а также для обеспечения различной производительности можно изменять частоту вращения вала. Компрессор легко ремонтировать и заменять изношенные детали.

Хотя сальниковые компрессоры используются широко, они имеют много недостатков: компрессоры громоздки, обладают большой массой из-за литого чугунного корпуса, требуют вы-

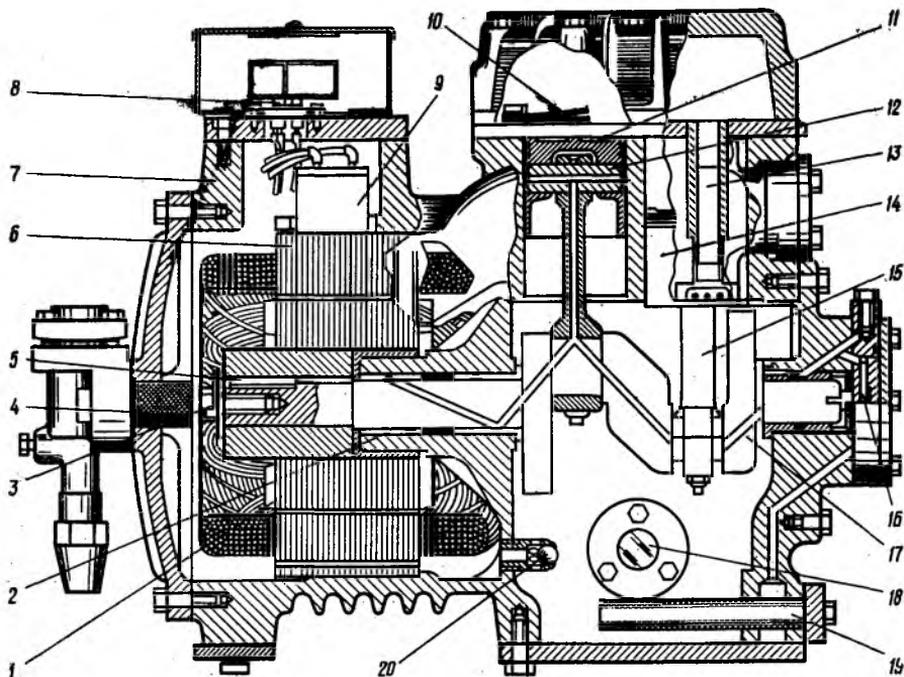


Рис. 61. Разрез бессальникового двухцилиндрового компрессора:

1 — ротор электродвигателя из литых алюминиевых замыкающих колец; 2 — подшипники из твердой литой бронзы; 3 — стопор для крепления ротора на колечкочном валу; 4 — всасывающий фильтр из мелкой проволочной сетки; 5 — шпонка ротора; 6 — статор; 7 — корпус из чугуна с высоким содержанием никеля; 8 — клеммы, залитые стеклом; 9 — внутреннее предохранительное устройство электродвигателя; 10 — нагнетательные клапаны (из шведской стали со специальной обработкой, рассчитанные на длительный срок службы); 11 — всасывающие клапаны (из шведской стали со специальной обработкой, имеющие максимальный срок службы); 12 — поршневой палец (подвергнут закалке и специальной обработке); 13 — обратный клапан Вентури для возврата масла; 14 — поршень из мелкозернистого чугуна; 15 — шатуны из алюминия (с прецизионной обработкой опорных поверхностей); 16 — масляный насос; 17 — коленчатый вал из высокопрочного сплава чугуна; 18 — смотровое стекло; 19 — масляный фильтр из мелкоячеистой сетки; 20 — масляный обратный клапан.

соких производственных расходов при изготовлении, в уплотняющих сальниках вала легко образуются утечки хладагента, а центровку вала на компрессорах с непосредственным приводом осуществить трудно. Уровень шума, создаваемый этими компрессорами высокий из-за ременного привода и других монтируемых отдельно узлов. Ремни изнашиваются. В связи с указанными недостатками сальниковые компрессоры заменяются бессальниковыми или герметичными компрессорами. Сальниковый компрессор используют для специальных целей, например для установок кондиционирования воздуха в автомобилях, в других транспортных установках, больших торговых и промышленных установках, а также в аммиачных системах.

Бессальниковые компрессоры приводятся в действие электродвигателем, ротор которого монтируют непосредственно на коленчатом валу (рис. 60). Рабочие узлы компрессора и электродвигателя размещены в одном корпусе, нет ремней и сальникового уплотнения вала. Электродвигатели могут быть смонтированы требуемой мощности для расчетной нагрузки, в результате чего получается компактная, экономичная, эффективная конструкция компрессора, практически не требующая обслуживания. В случае повреждения компрессора съемные головки, крышки статоров, нижние плиты и крышки корпуса позволяют легко осуществлять текущий ремонт (рис. 61). Чугун, используемый при производстве сальниковых и бессальниковых компрессоров, должен быть мелкозернистым для предотвращения утечки хладагента через поры металла.

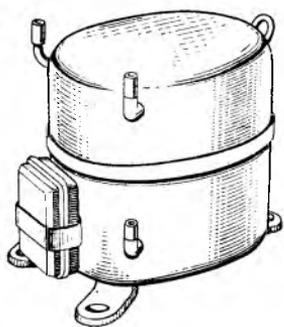


Рис. 62. Герметичный компрессор.

С целью дальнейшего уменьшения габаритных размеров и стоимости производства холодильных агрегатов герметичные компрессоры, которые иногда называют герметичными мотор-компрессорами, выпускают в сварном кожухе. Их широко используют в автономных холодильных установках и системах кондиционирования воздуха малой мощности. Большое распространение они получили в кондиционерах холодопроизводительностью до 17 кВт. Электродвигатель и компрессор имеют общий вал, как и в бессальниковых компрессорах. Металлический кожух сварен (рис. 62), в связи с этим осуществить текущий ремонт компрессора можно, лишь разрезав кожух.

В герметичном компрессоре (рис. 63) пар всасывается в кожух, затем он направляется через электродвигатель, который передает мощность коленчатому валу. Последний вращается в подшипниках и приводит в действие поршень в цилиндре. Коленчатый вал сконструирован таким образом, что с помощью масляного насоса, смонтированного в нижней части кожуха компрессора, масло по каналам вала поступает ко всем поверхностям подшипников. Парообразный хладагент циркулирует в картере вокруг компрессора и электродвигателя при прохождении через кожух компрессора и поступает в цилиндр через глушитель на стороне всасывания и всасывающие клапаны. Сжатый подвижным поршнем нагретый парообразный хладагент выпускается через нагнетательные клапаны, головку, глушитель на стороне нагнетания и нагнетательный трубопровод компрессора.

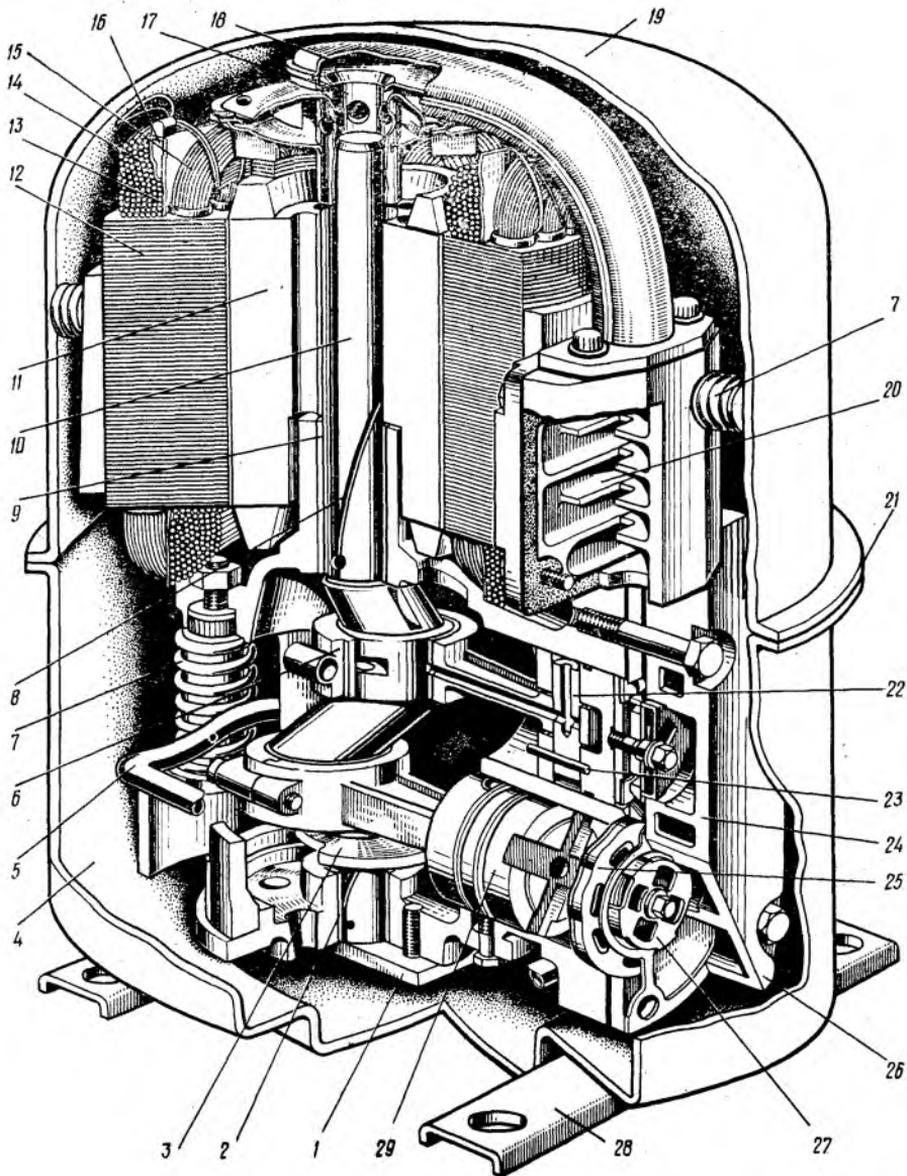


Рис. 63. Разрез герметичного компрессора:

1 — опорная плита; 2 — нижний подшипник; 3 — разбрызгиватель масла; 4 — картер;
 5 — трубопровод нагнетания; 6 — шатун; 7 — внутренняя пружина; 8 — смазочная канавка; 9 — верхний главный подшипник; 10 — коленчатый вал; 11 — ротор; 12 — статор;
 13 — изоляция; 14 — главная обмотка электродвигателя; 15 — пусковая обмотка электродвигателя; 16 — внутренний датчик защиты от перегрузки электродвигателя; 17 — противоинертная центрифуга; 18 — внутренний всасывающий патрубок; 19 — кожух компрессора; 20 — глушитель для всасывания; 21 — сварной шов; 22 — поршневой палец;
 23 — стопорный штифт; 24 — крышка камеры всасывания; 25 — всасывающий клапан; 26 — головка блока цилиндров; 27 — нагнетательный клапан в сборе; 28 — планка для крепления компрессора; 29 — поршень.

Конструкции различных узлов компрессора

Узлы, которые при сборке образуют компрессор, должны отвечать специальным требованиям. Невыполнение этих требований сказывается на качестве компрессора. Большинство этих требований соблюдается на заводе-изготовителе, однако механик по обслуживанию должен их знать, чтобы произвести эффективный и экономичный ремонт компрессора.

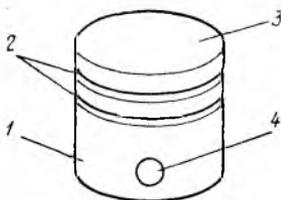


Рис. 64. Поршень компрессора:

1 — поршень; 2 — канавки для поршневых колец; 3 — днище поршня; 4 — отверстие под поршневой палец.

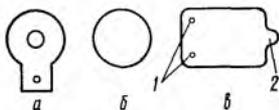


Рис. 65. Типы всасывающих клапанов:

а — кольцевой поршневой клапан; б — дисковый клапан; в — пластинчатый клапан: 1 — отверстия для стопорных штифтов; 2 — ограничитель клапана.

Цилиндры изготовляют из мелкозернистого плотного чугуна. На заводе цилиндр обычно медленно обкатывают в течение длительного времени. В результате обкатки внутренняя поверхность цилиндра становится гладкой, закаленной и отполированной. Для предотвращения протечки парообразного хладагента через зазор между поршнем и цилиндром необходимо тщательно хонинговать цилиндр, чтобы получить абсолютно круглую форму.

Поршни изготовляют из полый цилиндрической отливки, которая на одном конце заглушена и имеет отверстие под поршневой палец (рис. 64), необходимый для соединения поршня с шатуном. Диаметр поршня на несколько микрон меньше диаметра цилиндра. В результате этого обеспечивается зазор для теплового расширения поршня. Зазор позволяет смазочному маслу пройти между стенкой цилиндра и поршнем. Поршневые кольца препятствуют прохождению избыточного количества масла в цилиндр. Смазочное масло выполняет

двойную задачу, а именно смазку поршня и уплотнение между поршнем и стенкой цилиндра для предотвращения протечки сжатого хладагента.

Створчатые клапаны, используемые в большинстве современных холодильных компрессоров, предназначены для направления потока хладагента через компрессор. Работа компрессора в значительной мере зависит от состояния и работы клапанов. На каждом цилиндре компрессора имеется два клапана: всасывающий и нагнетательный. Всасывающий клапан направляет поток парообразного хладагента в компрессор, а нагнетательный клапан — поток хладагента из компрессора. Створчатый клапан состоит из тонкой плоской полоски, изготовленной из специальной клапанной стали. Этот тип клапана успешно работает при высоких скоростях движения хладагента в компрес-

соре и не ударяет по клапанному седлу подобно тяжелым клапанам. Он характеризуется очень незначительным запаздыванием из-за своей исключительно малой массы, и в результате коэффициент подачи компрессора выше, чем компрессора, имеющего тяжелый клапан с пружиной. Тяжелые клапаны неэффективны при высоких скоростях движения агента в компрессоре.

Все всасывающие клапаны компрессора предназначены для впуска парообразного хладагента в полость цилиндра во время хода всасывания. При ходе сжатия всасывающий клапан закрывается и запирает парообразный хладагент в полости цилиндра, где он сжимается поршнем до более высоких давления и температуры. Всасывающие клапаны работают под действием разности давлений в компрессоре. В большинстве типов всасывающих клапанов пружины нет. Клапан состоит из тонкого куса стали, который может быть в форме кольца, диска или пластины (рис. 65). В любом случае тонкий кусок стали независимо от его формы закрывает или открывает всасывающее отверстие. Всасывающие клапаны могут быть установлены на днище поршня (рис. 66) или на клапанной плите компрессора.

Каждый тип клапана должен иметь какое-то средство для ограничения его хода. Если ход клапана слишком велик, он может не закрыться достаточно быстро во время сжатия парообразного хладагента. Кроме разных типов клапанов имеются также различные средства для ограничения хода клапана. В клапане кольцевого типа клапанная коробка плотно привинчена к поршню и удерживает части клапана (рис. 67). Седлом клапана является плоскость самого поршня. Эта плоскость имеет гладкую отполированную поверхность. В поршне концентрически расположена еще одна кольцевая отполированная плоскость, под этими двумя отполированными кольцевыми плоскостями имеется отверстие для прохода парообразного хладагента, когда пластина клапана приподнята во время хода поршня вниз. В клапанной пластине есть запорное язычковое удлинение с отверстием, в которое вставлен стопорный штифт. Клапанная пластина может двигаться вверх и вниз ограниченно, так как она перемещается только между

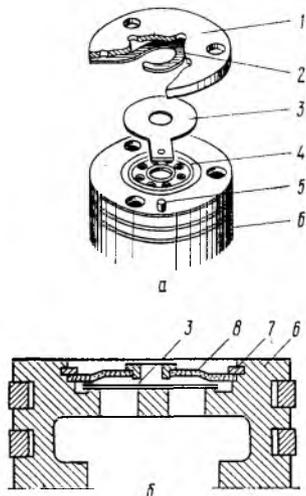


Рис. 66. Всасывающий клапан в поршне:

а — с плитой клапана; б — без плиты клапана; 1 — плита клапана; 2 — спиральная пружина; 3 — пластина клапана; 4 — седло клапана; 5 — стопорный штифт клапана; 6 — поршень; 7 — ограничитель направляющей всасывающего клапана; 8 — направляющая всасывающего клапана.

седлом и нижней частью крышки клапана. Ее движение ограничивается сопротивлением небольшой спиральной пружины, расположенной на крышке клапана. Эта пружина предназначена для предотвращения внезапного открытия и закрытия клапана, так как в результате появились бы шумы в виде щелчков во время работы компрессора. Кроме того, она способствует тому, чтобы удерживать клапан в закрытом состоянии, когда компрессор не работает. В результате снижается возможность попадания в картер хладагента, который просочился через нагнетательный клапан.

Не все всасывающие клапаны расположены в днище поршня. Многие компрессоры имеют всасывающие клапаны в головке цилиндра. Клапаны смонтированы на плите (рис. 68), на кото-

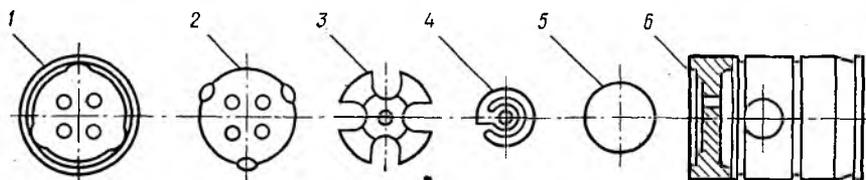


Рис. 67. Ограничители всасывающего клапана:

1 — поршень в сборе (вид сверху); 2 — крышка клапана; 3 — ограничитель клапана; 4 — пружина клапана; 5 — пластина клапана; 6 — поршень.

рой установлены также нагнетательные клапаны. Всасывающие и нагнетательные клапаны работают в противоположных направлениях. Клапанная плита монтируется между цилиндром компрессора и головкой цилиндра. Преимущество такой конструкции заключается в том, что холодный пар агента, поступающий из испарителя, способствует охлаждению головки цилиндра. В связи с тем что пар не проходит через картер компрессора, снижается возможность перекачки масла. Всасывающие клапаны, смонтированные на плите, имеют в основном такую же конструкцию, как и клапаны на поршне.

Пластинчатый всасывающий клапан изготавливают из очень тонкой пружинной стали, и сам он является пружиной. Под давлением поступающего пара пластинка клапана изгибается вниз. Клапан постоянно пытается удержаться в закрытом состоянии, за исключением того случая, когда сила натяжения пружины преодолевается давлением всасываемого пара.

Нагнетательные клапаны предназначены для подачи сжатого пара хладагента в конденсатор и для создания паронепроницаемого уплотнения между сторонами высокого и низкого давления системы, когда компрессор отключен. Этим предотвращаются парообразование жидкого хладагента на стороне высокого давления и его перетекание на сторону низкого давления. Нагнетательный клапан является, по существу, обратным

клапаном, так как не позволяет сжатому хладагенту вновь расширяться и возвратиться в цилиндр. Нагнетательные клапаны почти всегда монтируются в головке цилиндра на клапанной плите. Существует несколько конструкций и типов нагнетательных клапанов: кольцевой, дисковый и пластинчатый. Большинство клапанов сконструировано так, что это позволяет удалить некоторое количество масла или жидкого хладагента, поступающего в полость цилиндра. Масло и жидкий хладагент несжимаемы, поэтому необходимо предусмотреть возможность их безопасного вывода из цилиндра.

Существует много конструкций пластинчатого нагнетательного клапана. Наиболее распространенным является мостиковый пластинчатый клапан, и поэтому мы ограничимся здесь

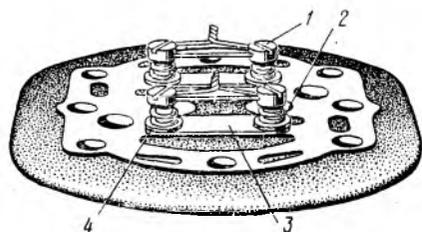


Рис. 68. Пластинчатый всасывающий клапан:

1 — винт; 2 — предохранительная пружина; 3 — пластина клапана; 4 — шайба.

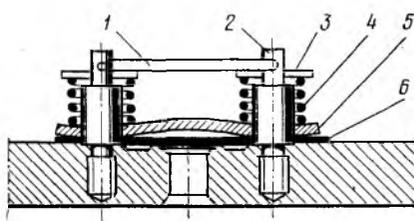


Рис. 69. Пластинчатый нагнетательный клапан:

1 — контрящая проволока; 2 — направляющая клапана; 3 — шайба направляющей клапана; 4 — пружина клапана; 5 — ограничитель пружины клапана; 6 — пластина клапана.

рассмотрением именно этой конструкции. Мостиковый пластинчатый нагнетательный клапан называется так потому, что он создает мостик над отверстием между двумя направляющими клапана (рис. 69). Направляющие клапана состоят из винтов специальной формы, которые ввинчиваются в клапанную плиту. Нагнетательный клапан представляет собой стальную пластину, закрепленную на обоих концах направляющими. Ограничитель пружины клапана расположен непосредственно над пластиной. Этот ограничитель немного изогнут вверх, т. е. имеет кривизну в центре, в результате чего тонкая пластина прогибается вверх под давлением пара, поступающего из цилиндра, и пропускает поток хладагента. Если в полости цилиндра аккумулируется масло, оно прижмет клапан к ограничителю пружины клапана. Ограничитель пружины поднимется вверх, сжимая спиральные пружины. В результате этого действия масло выходит, не деформируя и не ломая пластины, так как величина изгиба ее зависит от ограничителя пружины клапана. Пружины клапана являются пружинами безопасности (буферными). Направляю-

щце клапана закреплены проволокой для предотвращения возможности их вывинчивания.

Тонкая пленка масла между клапаном (независимо от типа) и его седлом образует уплотнение. Когда количество масла в камере соответствует норме, то в системе совместно с хладагентом циркулирует масло, необходимое для смазки клапанов и образования паронепроницаемого уплотнения. Эффективность компрессора снижается, когда в нагнетательном или всасывающем клапанах имеется протечка.

Для проверки состояния всасывающих клапанов необходимо, во-первых, остановить поток хладагента к стороне всасывания компрессора. Это обычно осуществляют, закрывая всасывающий вентиль, к которому присоединен вакуумметр. После этого компрессор должен проработать в течение нескольких минут для создания вакуума, приблизительно равного 68 кПа. Если этого нет, необходимо остановить компрессор на несколько минут, затем запустить его снова и проверить, создает ли компрессор требуемый вакуум. Если вакуум не образуется, это озна-

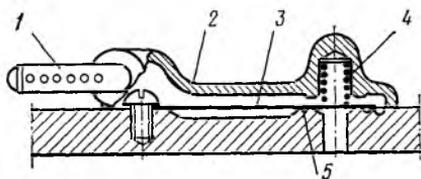


Рис. 70. Пластинчатый нагнетательный клапан ротационного компрессора:

1 — глушитель; 2 — крышка клапана; 3 — пластина клапана; 4 — пружина; 5 — седло клапана.

чает что во всасывающих клапанах имеется протечка и их необходимо заменить.

При проверке нагнетательных клапанов следует присоединить манометр, перекрыть поток хладагента на сторону всасывания компрессора и позволить компрессору работать до тех пор, пока не создастся возможно более глубокий вакуум. Во время работы и остановки компрессора необходимо следить за показаниями манометра. Давление не должно повыситься более чем на 10—13 кПа. Если давление поднимется все же выше указанной величины, следует снова сделать попытку создать вакуум, наблюдая за показаниями манометра. Если давление продолжает повышаться, то это означает, что нагнетательный клапан имеет протечку. Еще одна мера исключит всякие сомнения относительно состояния нагнетательного клапана. Для этого нужно закрыть нагнетательный вентиль, пока в компрессоре имеется вакуум. Если манометр показывает, что давление больше не повышается, то это означает, что пластинчатый нагнетательный клапан непригоден и должен быть заменен.

Нагнетательный клапан ротационного компрессора предотвращает повторное поступление сжатого хладагента в цилиндр после его выталкивания из компрессора. Седло клапана отшлифовано и отполировано до зеркальной чистоты. Пластинчатый клапан изготовлен из пружинной стали и имеет пружину, ко-

торая возвращает клапан к седлу после каждого цикла нагнетания (рис. 70). Крышка клапана и глушитель снижают уровень шума, образующегося в результате пульсирующего нагнетания. Клапанная пластина монтируется на плите с помощью винта и замковой шайбы. Не во всех типах нагнетательных клапанов ротационных компрессоров имеется стопорная пружина. При этом допускается некоторая протечка хладагента обратно в корпус компрессора. Обратный клапан предотвращает протечки хладагента в корпус компрессора.

Шатун является элементом соединения поршня с коленчатым валом. На каждом конце шатуна для снижения износа и давления на поршневой палец и коленчатый вал имеются подшипники (рис. 71). Подшипники изготовлены из бронзы или баббита.

Стальной коленчатый вал изготавливают способомковки. Коленчатый вал должен быть достаточно жестким для предотвращения его прогиба. Прогибающийся коленчатый вал отрицательно воздействует на плавное движение поршня вверх и вниз, в результате чего образуется избыточная вибрация (биение). В двухцилиндровом компрессоре колена вала обычно расположены на противоположных сторонах с целью взаимного балансирования. Это позволяет также балансировать движение поршней и значительно снизить уровень вибрации. Для предотвращения вибрации коленчатый вал обычно имеет противовесы.

Степень вибрации непосредственно зависит от количества цилиндров. Одноцилиндровый компрессор будет вибрировать больше, чем двухцилиндровый той же производительности, а двухцилиндровый больше, чем четырехцилиндровый той же производительности. Это обусловлено тем, что объемная производительность разделена поровну между цилиндрами, в результате чего снижается количество хладагента, прокачиваемого каждым цилиндром, и обеспечивается более постоянный поток нагнетаемого хладагента.

Частота вращения вала компрессора

Первые холодильные компрессоры были сконструированы для работы при относительно малых скоростях, обычно менее 1000 об/мин. Бессальниковые и герметичные мотор-компрессоры имели скорость 1750 об/мин с приводом от четырехполюсного электродвигателя. Растущая потребность в более легком и компактном оборудовании для установок кондиционирования воздуха способствовала созданию герметичных мотор-компрессоров с двухполюсными электродвигателями, работающими при 3450 об/мин.

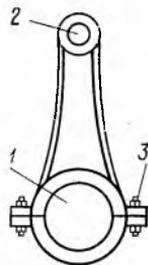


Рис. 71. Шатун:

1 — подшипник коленчатого вала; 2 — подшипник поршневого пальца; 3 — болты шатуна.

В некоторых специальных областях, например при кондиционировании воздуха в автомобилях, на воздушном транспорте используют еще более высокоскоростные компрессоры. Для обычного торгового и бытового оборудования, однако, существующая электросеть с частотой 60 Гц ограничивает скорость вращения вала компрессора до 1750 и 3450 об/мин.

При эксплуатации компрессоров, работающих при более высоких скоростях, возникают проблемы, связанные с обеспечением смазки и обусловленные более коротким сроком службы. Эти факторы, а также стоимость, размеры и массу компрессоров следует учитывать при их конструировании и использовании.

Смазка компрессора

Для обеспечения непрерывной смазки компрессора в картере необходимо постоянно поддерживать определенное количество масла. Уровень масла нормальный, если он немного ниже или выше середины визуального указателя уровня (рис. 72).

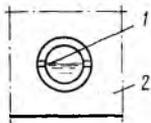


Рис. 72. Визуальный указатель уровня масла:

1 — уровень масла; 2 — картер компрессора.

Для смазки холодильных компрессоров необходимо применять только масло хорошего качества. Холодильное масло вырабатывают из высокосортного минерального масла. Оно не содержит парафина, но в нем есть присадки, которые уменьшают пенообразование. При изготовлении масла из него удаляют влагу и посторонние примеси. После того как сосуд с маслом был открыт, его необходимо снова плотно закрыть, чтобы влага и грязь не попали в масло. Вязкость масла должна соответствовать расчетной для определенного температурного уровня.

Завод-изготовитель указывает величину вязкости для каждого случая использования оборудования, и для получения наилучших результатов необходимо следовать его рекомендациям.

Существуют два основных способа смазки компрессора: смазка разбрызгиванием и принудительная смазка. Почти во всех компрессорах применяют комбинацию этих двух способов. Смазка разбрызгиванием является простейшим способом смазки компрессора. Масло в картере разбрызгивается на движущиеся части вращающимся коленчатым валом. Таким образом масло попадает на стенки цилиндров и поверхности подшипников. Способ смазки компрессора разбрызгиванием удовлетворителен для компрессоров, работающих при малых скоростях. Однако этот способ перестал отвечать требованиям, когда были сконструированы большие современные высокоскоростные компрессоры, в которых температура подшипников и трущихся поверхностей более высокая. Смазочное масло не только уменьшает

трение между движущимися частями, но и отводит некоторую часть тепла трения.

Почти во всех современных холодильных компрессорах применяется принудительная смазка. Существует несколько видов принудительной смазки. В малых компрессорах производительностью до 2,2 кВт масло подается принудительно к требуемым точкам по нарезным каналам. В компрессорах производительностью более 2,2 кВт используют другую систему смазки. Смазка компрессора обеспечивается шестеренчатым масляным насосом. Насос, монтируемый на корпусе заднего подшипника (рис. 73), работает от приводного вала, который вставлен в отверстие в торце коленчатого вала. Масло подается с помощью масляного насоса (рис. 74) через отверстия в коленчатом валу к подшипникам компрессора и шатунам. Пружинный шаровой обратный клапан служит ограничителем давления, позволяя байпасировать масло в картер компрессора, если давление его становится выше заданной величины.

В связи с тем что отверстие всасывания насоса непосредственно связано с картером компрессора, давление масла на входе насоса всегда равно давлению в картере, а давление масла на выходе насоса — суммарному давлению в картере и масла в насосе. Поэтому давление масла нетто равно давлению на выходе насоса минус давление в картере. Когда компрессор работает при давлении всасывания ниже атмосферного, давление в картере должно быть прибавлено к давлению на выходе насоса для определения давления нетто в масляном насосе. Например:

Давление в картере, МПа	0,35	0,028 (вакуум)
Давление на выходе насоса, МПа	0,63	0,253
Давление нетто в масляном насосе, МПа	0,28	0,281

При нормальной эксплуатации компрессора давление масла нетто колеблется в зависимости от его размера, температуры и вязкости масла, а также от величины зазора в подшипниках компрессора. Давление масла нетто от 0,22 до 0,28 МПа является нормальным, но требуемая смазка обеспечивается и при давлениях около 0,07 МПа. Байпасный клапан устанавливают



Рис. 73. Расположение масляного насоса.

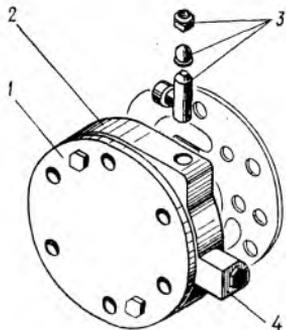


Рис. 74. Масляный насос:

1 — крышка масляного насоса; 2 — корпус масляного насоса; 3 — штуцер с накидной гайкой для присоединения манометра; 4 — обратный клапан (байпасный).

для предотвращения повышения давления масла нетто более чем до 0,42 МПа.

Шестерни масляного насоса могут вращаться в любом направлении. Реверс вращения шестерен осуществляется с помощью фрикционной пластины, которая изменяет направление входа масла в насос и выхода из него. Однако после длительной работы насоса реверсирующая фрикционная пластина изнашивается, появляются коррозия, пленка или шероховатость, в результате чего прекращается реверсирование работы насоса. Если по какой-либо причине электрические соединения двигателя установки, компрессор которой работал в течение определенного времени, были повреждены, то после ремонта этих соединений необходимо сохранить первоначальное направление вращения двигателя.

Наличие в картере компрессора жидкого хладагента может существенно влиять на работу масляного насоса. Бурное пенообразование при пуске является причиной уноса масла из картера, в результате чего давление масла снижается до возврата некоторого его количества в картер. Если жидкий хладагент или масло, насыщенное хладагентом, всасывается в масляный насос, то образовавшийся пар хладагента может быть причиной значительных колебаний и возможно даже снижения давления масла. Давление в картере может отличаться от давления всасывания, так как жидкий хладагент повышает давление в картере на короткие периоды времени. Поэтому штуцер низкого давления реле контроля смазки должен всегда быть присоединен к картеру.

Сальник вала компрессора

В холодильных агрегатах с сальниковым компрессором электродвигатель и компрессор являются отдельными узлами. Вал компрессора выступает из картера. Поэтому должен существовать способ уплотнения вращающегося вала. Назначение этого уплотнения — предотвратить утечку хладагента и масла как во время работы, так и при остановке компрессора, а также попадание воздуха и влаги в компрессор.

Когда компрессор работает, масло в картере разбрызгивается, подается к торцам уплотнения. Между торцами уплотнения образуется масляная пленка, которая и смазывает их. Важно, чтобы эта масляная пленка никогда не исчезала, так как иначе немедленно произойдет утечка хладагента. Если уплотнение сухое, то при работе компрессора слышен «визг» и оно быстро изнашивается.

Некоторые хладагенты растворяют значительное количество масла. Когда сальниковый компрессор с уплотнением на валу не работает длительное время, хладагент может растворить масло, находящееся на торцах уплотнения. Для остановки ком-

прессора на длительное время хладагент следует перекачать в ресивер и конденсатор, а всасывающий и нагнетательный вентили закрыть.

Внимание! Нельзя пускать компрессор при закрытом нагнетательном вентиле, иначе в компрессоре могут произойти серьезные поломки.

Сальниковые уплотнения использовались на ранней стадии развития холодильных компрессоров. Этот тип уплотнения вала все еще применяется в аммиачных компрессорах большой производительности и компрессорах, имеющих малую частоту вращения вала. Сальниковое уплотнение вала предотвращает потери хладагента в компрессорах, работающих при давлениях выше атмосферного. В компрессорах, эксплуатируемых при давлениях ниже атмосферного, оно препятствует всасыванию воздуха в систему.

Сальниковые уплотнения с набивкой. Вначале набивка этого сальника состояла из смеси, в состав которой входили асбест, волокно и графит. Она закладывалась в корпус вокруг вала и плотно удерживалась в нем нажимной втулкой (рис. 75). Вал компрессора проходит через картер и герметизируется кольцами из полуметаллической набивки, пропитанной графитом. Сальник плотно крепится с помощью болтов. Когда болты затягивают, набивка сжимается и образует уплотнение между валом и корпусом.

Недостаток сальников заключается в необходимости частой их затяжки для предотвращения утечки хладагента и масла. Избыточная затяжка сальника может затруднить пуск компрессора. Давление, требуемое для образования герметичного уплотнения, является причиной значительного износа набивки, которая мягче вала. Поэтому требуется частая ее замена.

Сильфонные сальники. В этих сальниках один конец сильфона используют в качестве фланца, а на другом имеется уплотнительное кольцо (рис. 76). Диаметр пружины меньше диаметра сильфона. Уплотнительное кольцо и фланец жестко припаиваются к сильфону. Когда сильфонное уплотнение смонтировано в компрессоре, уплотнительное кольцо контактирует с заплечиком вала, в результате чего образуется пара трения

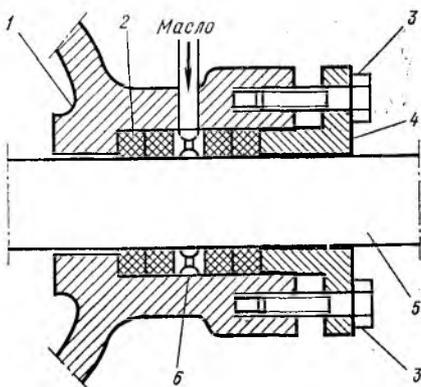


Рис. 75. Сальниковое уплотнение вала с набивкой:

1 — стенка картера компрессора; 2 — набивка; 3 — крепежные болты; 4 — нажимная втулка; 5 — вал компрессора; 6 — смазочное кольцо.

(рис. 77). Фланец сальфона зажат между корпусом компрессора и съемной крышкой сальника, которая уплотнена прокладкой. Таким образом с помощью последней создается второе уплотнение. Крышка уплотнения закреплена на корпусе компрессора шестью болтами. Запечник вала закален индукционным способом, отшлифован и отполирован. Уплотнительное кольцо также должно быть отшлифовано, отполировано и не иметь каких-либо дефектов на поверхности. Масло является хорошим уплотнением только в том случае, когда торец запечника вала и уплотнительное кольцо абсолютно гладкие.

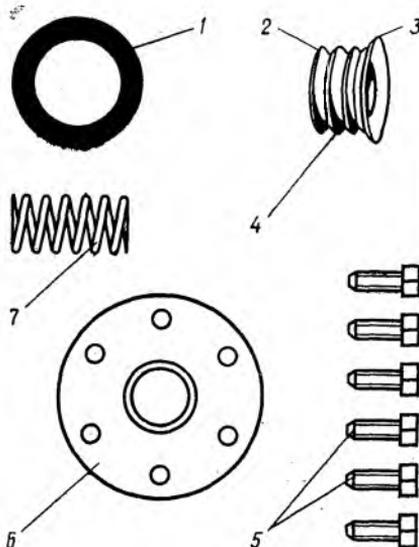


Рис. 76. Сильфонный сальник:
1 — прокладка; 2 — уплотнительное кольцо; 3 — фланец сальфона; 4 — сальфон; 5 — болты; 6 — крышка уплотнения; 7 — пружина.

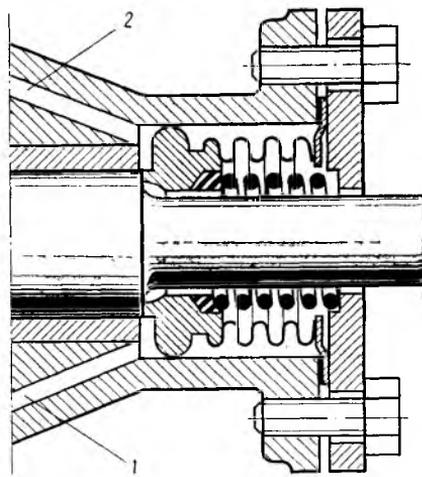


Рис. 77. Сильфонный сальник, смонтированный в компрессоре:
1 — отверстие для выхода масла; 2 — отверстие для входа масла.

Мембранный сальник. В мембранных сальниках мембрана припаяна к уплотнительному кольцу и зажата между корпусом компрессора и крышкой посредством прокладки. Парой трения для уплотнительного кольца является закаленная кольцевая манжета, которая вращается вместе с валом. При износе манжеты и уплотнительное кольцо легко заменить (рис. 78).

Мембрана поддерживает практически постоянное давление между уплотнительным кольцом и закаленной уплотнительной манжетой независимо от давления в картере. Это обеспечивается балансирующим эффектом, создаваемым опорой, которая расположена в соответствующей точке снаружи мембраны. Увеличенные разрезы I, II, и III на рис. 78 показывают, как действует мембрана и как давление уравнивается между двумя уплотняющими поверхностями при различных давлениях в кар-

тере. Разрез *I* — положение мембраны, когда уплотнение установлено и давление в картере равно атмосферному. Опора прижимается к мембране, которая в свою очередь передает давление уплотнительному кольцу, прижимая его к закаленной стальной манжете. Когда давление в картере повышается, мембрана выгибается наружу (разрез *II*) и действует на опору, а уплотнительное кольцо еще более плотно прижимается к манжете. Этим компенсируется дополнительное давление в картере, которое непосредственно действует на уплотнительное кольцо и пытается его отодвинуть. Дополнительное давление, создаваемое мембраной, уравнивает указанные два давления. Таким образом, трение между уплотняемыми поверхностями остается практически неизменным.

На разрезе *III* конфигурация мембраны показывает, что давление в картере понизилось, т. е. стало ниже атмосферного. В результате мембрана выгибается внутрь, что снимает давление с опоры и снижает давление мембраны на уплотнительное кольцо. В связи с тем что давление пара на уплотнительное кольцо также снизилось, легко заметить, что давления уравниваются. В результате трение между двумя уплотняемыми поверхностями практически не изменяется.

Вращающиеся сальники. Этот вид сальника является наиболее распространенным. Вращающееся уплотнение состоит из элементов, показанных на рис. 79. При работе сальник вращается вместе с валом. Подвижное уплотнительное соединение образуется посредством контакта между поверхностями торца вращающегося кольца *б* и крышки сальника. Эти поверхности обработаны до исключительно высокой степени плоскостности и чистоты. Кольцо *5*, свободно установленное на валу, прижимается к неподвижной крышке сальника давлением пружины и хладагента. Сопряжение настолько плотное, что пар или жидкость не просачивается.

Задняя сторона подвижного кольца *б* опирается на переднюю поверхность гибкого уплотнительного кольца *5*, которое плотно насажено на вал и препятствует утечке хладагента.

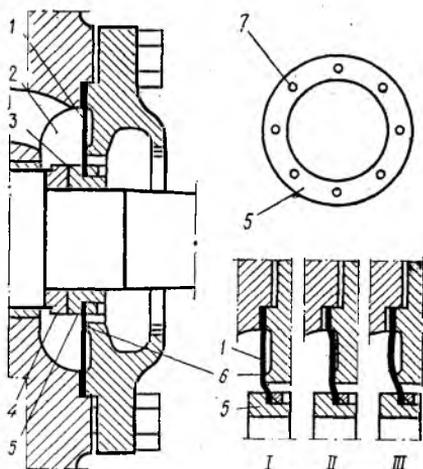


Рис. 78. Мембранный сальник:

1 — мембрана; 2 — масляный резервуар; 3 — уплотнительная поверхность; 4 — закаленная манжета уплотнения; 5 — уплотнительное кольцо; 6 — опоры; 7 — масляные карманы.

Нажимное кольцо насажено на ступицу уплотнительного кольца и предотвращает его расширение, регулируя и поддерживая таким образом жесткость посадки кольца на вал. Стопорное кольцо насажено на фланцевую часть нажимного кольца и свободно установлено на подвижном кольце. Стопорное кольцо имеет шпонки, которые входят в соответствующие боковые пазы на внешнем диаметре подвижного кольца. Это создает плотное простое и гибкое соединение между валом и сальником.

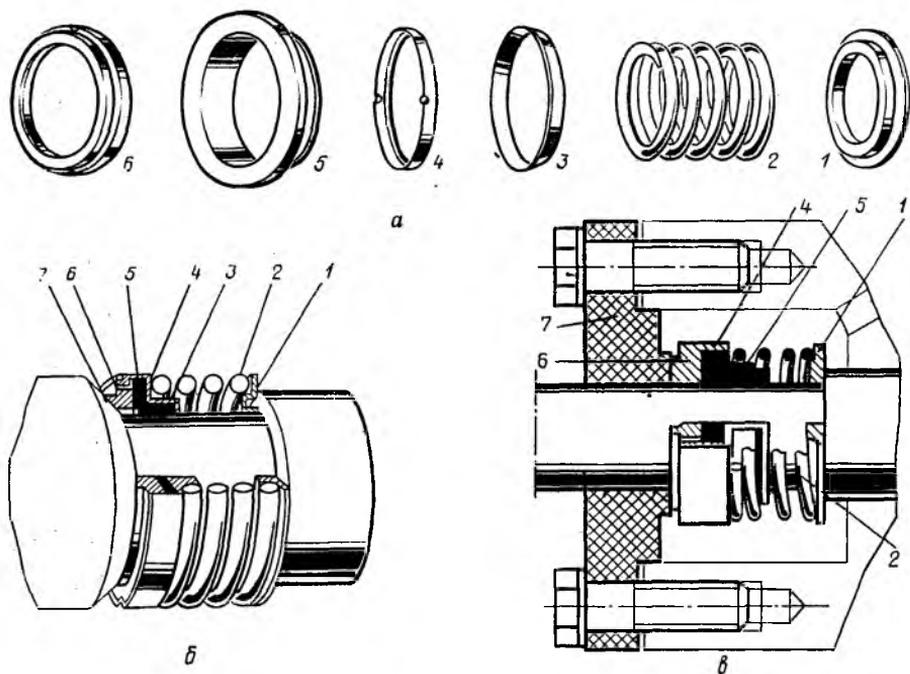


Рис. 79. Вращающийся сальник:

a — детали; *б* — в сборе; *в* — разрез; 1 — держатель пружины; 2 — пружина; 3 — нажимное кольцо; 4 — стопорное кольцо; 5 — уплотнительное кольцо; 6 — подвижное кольцо; 7 — крышка сальника.

Пружина на валу сжимается до заданной длины между задней стенкой стопорного кольца и держателем пружины, который может опираться на любую часть вала или любой элемент, закрепленный на валу. Под действием давления создается хороший контакт между подвижным и неподвижным кольцами сальника и обеспечивается необходимое усилие для образования уплотнения между нажимным и подвижным кольцами.

Необходимо отметить, что только одна деталь сальника, а именно относительно мягкое и эластичное уплотнительное кольцо, прочно закреплена на валу. Следовательно, подвижное кольцо может свободно перемещаться для компенсации незна-

чительного смещения при вибрации вала, отклонении или боковом зазоре, которые могли бы вызвать повреждение сальника.

Внутренний торец крышки сальника является неподвижной поверхностью уплотнения. Таким образом образуется уплотнение между поверхностями вращающегося кольца и неподвижной крышки сальника. Второе уплотнение образуется кольцом, которое предотвращает протечку хладагента и масла вдоль вала. Оно изготовлено из синтетической резины (неопрена), на которую не действуют пар хладагента и масло. Третье уплотнение образуется прокладкой, которая помещается под крышкой сальника.

Рабочий объем компрессора

Рабочий объем компрессора — объем, описываемый поршнями в единицу времени V_h (в м³/ч), можно рассчитать по следующей формуле:

$$V_h = (\pi D^2/4) S n z \cdot 60,$$

где D — диаметр цилиндра, м; S — ход поршня, м; z — количество цилиндров; n — частота вращения вала, об/мин.

Степень сжатия

Не все механики знают, как в действительности рассчитать степень сжатия. Многие не имеют представления об опасностях, которые могут возникнуть, если система сконструирована для работы с низким давлением всасывания. Опросы показывают, что менее 10 % механиков по обслуживанию могут рассчитать степень сжатия системы. Система, работающая при высокой степени сжатия, может иметь температуру нагнетания значительно выше допустимой.

Интенсивность химической реакции, вызываемой такими материалами и факторами, как холодильное масло, целлюлоза, кислород, влага, кислота, высокая температура и давление, приблизительно удваивается при повышении температуры нагнетания на каждые 8 °С. Естественно, что в системе, работающей при ненормально высокой температуре, возникает больше дефектов, чем в системе, работающей при нормальной температуре нагнетания. Правильное соотношение между давлениями нагнетания и всасывания должно быть в пределах степени сжатия 10. Степень сжатия определяется как абсолютное давление нагнетания, деленное на абсолютное давление всасывания. Обычный мановакуумметр не показывает атмосферное давление, и его стрелка указывает на нуль, когда он не присоединен к системе под давлением. Большинство механиков знают, что для получения абсолютного давления нагнетания или всасывания при нуле манометрического давления или выше необходимо к показаниям манометра прибавить 103 кПа.

Трудно рассчитать абсолютное давление всасывания, когда избыточное давление всасывания ниже атмосферного. Это делается посредством вычитания показания вакуумметра (в кПа) из 103 кПа.

$$\text{Степень сжатия} = \frac{\text{абсолютное давление нагнетания}}{\text{абсолютное давление всасывания}}.$$

Пример 1. Давление 0 кПа или выше.

Абсолютное давление нагнетания равно показанию манометра плюс 103 кПа; абсолютное давление всасывания равно показанию манометра плюс 103 кПа.

Пример 2. На стороне низкого давления вакуум.

Абсолютное давление нагнетания равно давлению по показанию манометра плюс 103 кПа; абсолютное давление всасывания равно 103 кПа минус показание манометра.

Расчет степени сжатия может быть проиллюстрирован следующими примерами:

Пример 1. Давление нагнетания равно 1117 кПа; давление всасывания 71 кПа.

$$\begin{aligned} \text{Степень сжатия} &= \frac{\text{абсолютное давление нагнетания}}{\text{абсолютное давление всасывания}} = \\ &= \frac{1117 \text{ кПа} + 103 \text{ кПа}}{71 \text{ кПа} + 103 \text{ кПа}} = \frac{1220 \text{ кПа}}{174 \text{ кПа}} = 7. \end{aligned}$$

Пример 2. Давление нагнетания составляет 1117 кПа; давление всасывания — 35 кПа. Абсолютное давление нагнетания равно 1117 кПа + 103 кПа = 1220 кПа.

Абсолютное давление всасывания 103 кПа — 35 кПа = 68 кПа.

$$\text{Степень сжатия} = \frac{\text{абсолютное давление нагнетания}}{\text{абсолютное давление всасывания}} = \frac{1220 \text{ кПа}}{68 \text{ кПа}} = 18.$$

Из двух вышеприведенных примеров видно, какое большое влияние давление всасывания оказывает на степень сжатия системы. Если бы давление нагнетания в обоих случаях равнялось 1280 кПа, то степень сжатия в первом случае была бы равна 8, а во втором — 20.

Пример 2 относится к случаю, где мы больше всего имеем затруднения, т. е. к системе, работающей на R12 при температуре кипения примерно —39 °С. Интересно сравнить обе системы с использованием различных хладагентов, т. е. когда одна система работает на R12, а другая — на R22. При температуре кипения —39 °С в системе, работающей на R22, степень сжатия будет 10,1, а в системе, работающей на R12, степень сжатия, как приведено выше, равна 18. Степень сжатия в системе на R22 является максимально допустимой, а система на R12 далека от совершенства в отношении безопасности и может сильно нагреваться, что сопровождается многими неприятностями.

Мертвый объем

При правильной сборке клапанов самым значительным фактором, влияющим на КПД компрессора, является мертвый объем. В конце хода сжатия остается некоторое свободное пространство, наличие которого очень важно, так как иначе поршень будет ударять по клапанной плите (рис. 80). Намного больше пространства имеется в отверстиях нагнетательных клапанов в клапанной плите, так как пластины нагнетательных клапанов расположены над клапанной плитой. Это остаточное пространство, через которое поршень не проходит в конце хода, называется мертвым объемом. В конце хода сжатия он остается заполненным горячим сжатым паром. Когда поршень идет вниз и начинается ход всасывания, остаточный пар высокого давления расширяется и его давление снижается. Пар из линии всасывания не может поступить в полость цилиндра до тех пор, пока давление в нем не будет уменьшено до давления, ниже имеющегося во всасывающей линии (рис. 81). Поэтому первая часть хода всасывания совершается вхолостую. При повышении сте-

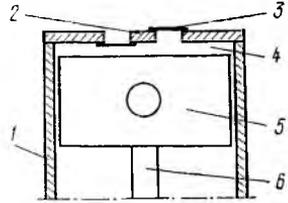


Рис. 80. Мертвый объем в компрессоре:

1 — стенка цилиндра; 2 — клапанная плита; 3 — нагнетательный клапан; 4 — мертвый объем; 5 — поршень; 6 — шатун.

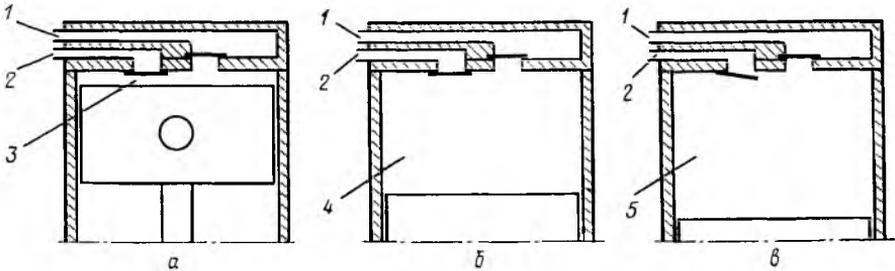


Рис. 81. Изменение давления в цилиндре компрессора:

а — поршень в верхней части хода; б — поршень при ходе вниз; в — поршень в нижней части хода; 1 — выход сжатого пара в конденсатор; 2 — вход пара из испарителя; 3 — пар, сжатый до давления конденсации; 4 — снижение давления пара; 5 — давление пара ниже, чем в испарителе.

пени сжатия увеличивается объем хода всасывания, занимаемый остаточным паром.

При высоких давлениях всасывания степень сжатия низкая, а производительность компрессора высокая. Мертвый объем способствует снижению уровня шума. Более низкие скорости движения потока пара через отверстия нагнетания уменьшают износ деталей компрессора и расход мощности. Большинство

клапанных плит компрессоров, используемых в установках кондиционирования воздуха, конструируются с большим мертвым объемом за счет увеличения диаметра отверстий нагнетания.

В низкотемпературных компрессорах часто возникает необходимость в уменьшении мертвого объема для обеспечения требуемой производительности. Поэтому в большинстве низкотемпературных компрессоров используются низкотемпературные клапанные плиты, имеющие меньшие диаметры отверстий нагнетания.

Охлаждение компрессора

В компрессоре с воздушным охлаждением для предотвращения перегрева необходимо, чтобы поток воздуха, создаваемый вентилятором, обдувал его корпус. Поток воздуха должен нагнетаться непосредственно на компрессор. Воздух, проходящий через машинное отделение, не охлаждает компрессор в достаточной мере.

Компрессор с водяным охлаждением имеет водяную рубашку или медный змеевик. Вода должна циркулировать через систему охлаждения, когда компрессор работает.

Мотор-компрессор с охлаждением хладагентом сконструирован таким образом, что всасываемый пар обтекает и проходит через электродвигатель, охлаждая его. При температуре кипения ниже -18°C возникает необходимость в дополнительном охлаждении двигателя, так как понижающаяся плотность парообразного хладагента уменьшает его способность охлаждать.

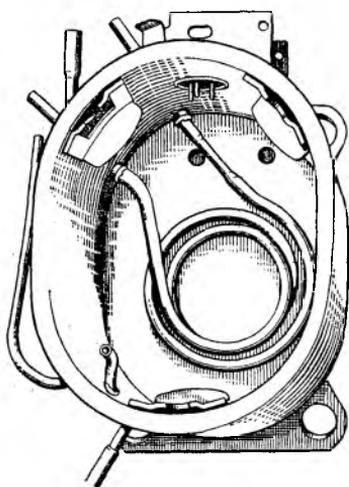


Рис. 82. Расположение маслоохладителя в кожухе компрессора.

Другой способ охлаждения компрессора заключается в охлаждении масла. Маслоохладители имеются только в низкотемпературных агрегатах. Внешние трубки маслоохладителя присоединяются к змеевику, находящемуся в масляном поддоне (рис. 82). Единственным его назначением является охлаждение масляного поддона компрессора. Трубки маслоохладителя соединены с отдельным змеевиком воздушного конденсатора.

Факторы, влияющие на производительность компрессора

Давление, при котором компрессор может работать, определяется многими факторами: конструкцией и состоянием компрессора, используемым хладагентом, условиями работы ком-

прессора. Основные факторы, влияющие на давление, создаваемое в компрессоре, и в результате определяющие его производительность, следующие.

1. Хладагент (фреон, аммиак и т. д.).

2. Степень сжатия.

3. Коэффициент подачи (отношение действительного объема пара хладагента, всасываемого в цилиндр, к объему, описываемому поршнем за один ход, или рабочему объему цилиндра: $V_h = \pi D^2 S / 4$):

$$\lambda = \frac{\text{действительный объем}}{\text{расчетный объем}}$$

4. КПД системы охлаждения. Эффективная система охлаждения повышает коэффициент подачи за счет снижения температуры хладагента, уменьшая тем самым его дросселирование. Это позволяет осуществить подачу большей массы пара в цилиндр.

5. Система охлаждения цилиндра. Тепло сжатия, отведенное системой охлаждения цилиндра от хладагента, также увеличивает коэффициент подачи.

6. Давление хладагента во всасывающей линии. Чем ниже давление хладагента во всасывающей линии, тем меньшее количество его поступает в цилиндр во время хода всасывания.

7. Частота вращения вала компрессора. При высокой частоте вращения вала компрессора клапаны работают с запаздыванием из-за их массы и инерции, в результате чего уменьшается количество пара, всасываемого при каждом ходе.

8. Тип и размер клапанов. Размер отверстий клапанов и скорость движения пластин влияют на объем сжимаемого пара.

9. Трение пара хладагента. Трение пара в поворотах трубопроводов и в отверстиях компрессора снижают скорость движения и количество пара, поступающего в цилиндр при каждом ходе поршня.

10. Механическое состояние компрессора. Слабые поршневые кольца, клапаны и изношенные подшипники снижают производительность компрессора.

11. Смазка. Нормальная смазка уменьшает трение и создает уплотнение поршня и клапанов, что уменьшает перетечки и увеличивает тем самым производительность компрессора.

Одна из основных трудностей в предупреждении отказа компрессора заключается в том, что невозможно заранее определить причину дефекта. Компрессор является основным узлом холодильной установки, и неисправности в работе системы скрываются на работе компрессора. В связи с тем что компрессор — наиболее уязвимый узел, предполагают, что он вышел из строя, не определяя при этом причины отказа установки. В очень многих случаях действительную причину отказа не находят и не исправляют, в результате чего возникают повторные отказы,

которые могли бы быть предотвращены. Если механик по обслуживанию хочет исключить причину отказа в работе компрессора, он должен хорошо понимать работу системы и возможные причины дефектов.

Правила безопасности

Компрессоры холодильных машин и установок кондиционирования воздуха иногда имеют большую массу. В связи с этим необходимо быть осторожным при их перемещении и монтаже.

1. Сальниковые компрессоры и открытые трубопроводы хладагента должны быть защищены от грязи и влаги.

2. Необходимо вытереть масло, пролившееся из компрессора. Пол, залитый маслом, может быть причиной падения и серьезной травмы.

3. Масло из перегоревшего компрессора не должно попасть на кожу. Это масло обычно имеет высокое содержание кислоты и может быть причиной раздражения.

4. Все болты и гайки должны быть затянуты с требуемым усилием.

5. До того как дотронуться до клемм рукой или металлическими инструментами, необходимо убедиться в том, что электроснабжение отключено.

6. Болты должны быть затянуты в соответствующей последовательности для того, чтобы не разрушить какие-либо детали.

7. Необходимо надевать очки при зарядке или разрядке системы от хладагента.

8. Необходимо быть осторожным при обслуживании компрессоров. Горячие узлы могут быть причиной ожогов.

9. Нельзя закрывать нагнетательный клапан, когда компрессор работает.

Выводы

Функциями компрессора являются отвод хладагента с понижением давления до требуемой температуры кипения и повышение давления пара хладагента до такого уровня, чтобы температура насыщения была выше температуры охлаждающей среды в конденсаторе.

Имеются следующие основные типы компрессоров: поршневые, ротационные, центробежные.

Наиболее распространенные средства осуществления возвратно-поступательного движения — коленчатый вал, эксцентриковый вал.

Шатун соединяет коленчатый вал с поршнем.

Вибрация компрессора находится в обратной зависимости от количества цилиндров.

Для смазки компрессора необходимо пользоваться только высокосортным маслом.

Компрессор смазывается посредством следующих способов: разбрызгиванием, принудительно, комбинацией этих способов. Масляные насосы используются в компрессорах производительностью от 2,2 кВт и выше.

Содержание жидкого хладагента в масле является причиной неустойчивой работы масляного насоса.

В сальниковых компрессорах используют сальники вала для предотвращения утечки хладагента и масла между валом и корпусом компрессора. Типы сальников вала: сальник с набивкой, сильфонный, мембранный, вращающийся.

Рабочий объем компрессора — это объем, описываемый поршнями за один ход.

Степень сжатия — это абсолютное давление нагнетания, деленное на абсолютное давление всасывания. Степень сжатия не должна быть более 10.

Компрессоры с воздушным охлаждением во избежание перегрева должны обдуваться воздухом.

В компрессорах со встроенным электродвигателем часто используют всасываемый пар хладагента для охлаждения обмотки электродвигателя.

Для охлаждения масла в компрессоре используют отдельный змеевик в конденсаторе.

Основными факторами, влияющими на производительность компрессора, являются: хладагент, степень сжатия, коэффициент передачи, эффективность системы охлаждения, система охлаждения цилиндров, давление хладагента во всасывающем трубопроводе, частота вращения вала компрессора, тип и размер клапанов, трение парообразного хладагента, механическое состояние компрессора, смазка.

Контрольные вопросы

1. Назовите две функции компрессора.
2. Какие поршневые компрессоры наиболее распространены?
3. Назначение всасывающих клапанов в компрессоре.
4. Назовите наиболее распространенные способы создания возвратно-поступательного движения в компрессоре.
5. Какая разница в шатунах компрессора с коленчатым валом и эксцентриковым валом?
6. Какие детали являются движущимися в ротационном компрессоре?
7. Назначение лопасти в ротационном компрессоре.
8. Где ротационные компрессоры находят наибольшее распространение?
9. Являются ли центробежные компрессоры поршневыми насосами?
10. Как определяется количество ступеней в центробежном компрессоре?
11. Где требуется смазка в центробежном компрессоре?
12. В каких случаях лучше всего использовать центробежный компрессор?
13. Какая разница между сальниковым, бессальниковым и герметичным компрессором?
14. Какие имеются основные типы всасывающих и нагнетательных клапанов?
15. Роль уплотнения в сальнике вала и в клапанах.
16. Как называется узел компрессора, где расположены клапаны?
17. Как проверить работу всасывающих клапанов?
18. Как проверить работу нагнетательных клапанов?
19. Какой уровень масла должен поддерживаться в компрессоре?
20. Каким должен быть диапазон давления масляного насоса в компрессоре?
21. Почему вспенивание масла нежелательно в компрессоре?
22. Назовите различные типы сальников вала компрессора.
23. Что называется рабочим объемом компрессора?
24. Дайте определение степени сжатия.
25. Почему необходим мертвый объем?
26. Какое влияние оказывает газ, заключенный в мертвом объеме, на КПД компрессора?
27. Почему компрессоры необходимо охлаждать?

28. Какое влияние на КПД компрессора оказывает давление всасывания, если оно ниже нормального уровня?

29. Какой тип компрессоров должен иметь маслоохладитель?

30. Как может механик по обслуживанию способствовать предупреждению отказов в работе компрессора?

Глава 4. Конденсаторы и ресиверы

Хладагент выходит из компрессора в парообразном состоянии. Он имеет высокую температуру и может отдать тепло, полученное им в испарителе, и тепло сжатия. Один из простейших способов отвода тепла от парообразного хладагента заключается в подаче пара через радиаторное устройство, называемое конденсатором. При отдаче тепла высокотемпературным парообразным хладагентом высокого давления температура его понижается до температуры насыщения и пар конденсируется, превращаясь в жидкий хладагент. Отсюда название — конденсатор.

Назначение

Конденсатор холодильного агрегата предназначен для отвода тепла от сжатого пара хладагента и превращения его в жидкость. От сжатого пара хладагента должно быть отведено сухое тепло для понижения его температуры до температуры конденсации. Затем, по мере отвода скрытой теплоты от хладагента, последний постепенно превращается в жидкость (конденсируется).

Из вышесказанного следует, что конденсатор является устройством для отвода тепла из холодильной системы.

Типы конденсаторов

В современных холодильных системах применяют три типа конденсаторов: воздушные, водяные, испарительные. В воздушных конденсаторах в качестве охлаждающей среды используют воздух, в водяных конденсаторах — воду, а в испарительных — комбинацию этих сред.

Воздушные конденсаторы. Этот тип конденсатора наиболее распространен в малом торговом оборудовании, бытовых холодильных аппаратах и в кондиционерах. Конструктивно конденсаторы выполнены из оребренных труб, которые отдают тепло в окружающую среду. За исключением очень малых бытовых аппаратов, которые охлаждаются при естественной циркуляции воздуха, теплоотдача осуществляется очень эффективно вследствие принудительной подачи большого количества воздуха через компактный конденсатор агрегата (рис. 83).

Существует два вида конденсаторов со свободным движением воздуха: оребренный конденсатор (рис. 84) и листотрубный конденсатор (рис. 85). В последнем типе конденсатора листы прижаты друг к другу и соединены сварным швом.

В конденсаторе со свободным движением воздуха он омывает аппарат под действием гравитации. При контакте с теплой поверхностью конденсатора воздух абсорбирует тепло и подни-

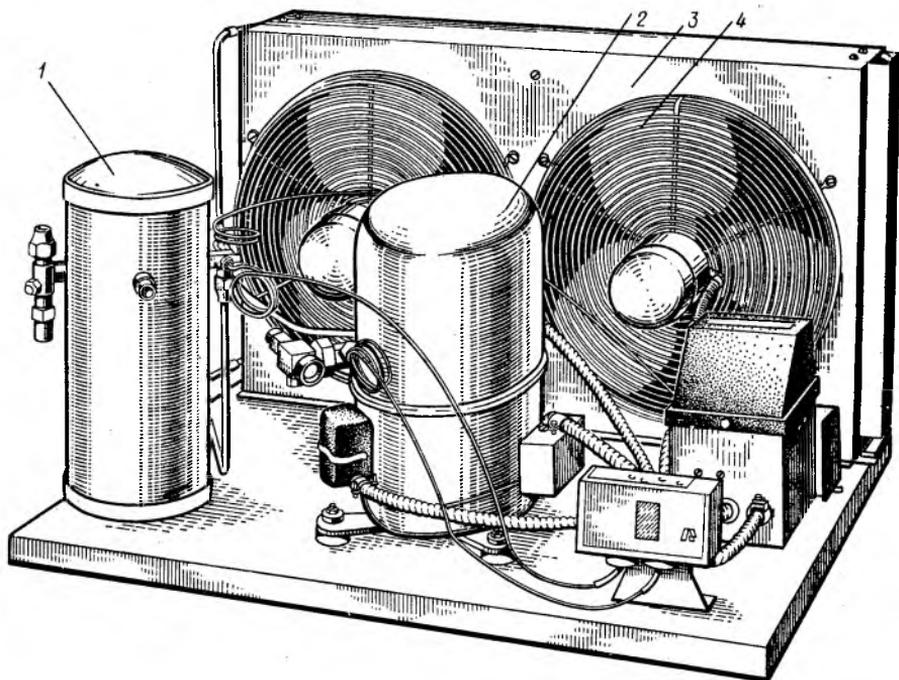


Рис. 83. Компрессорно-конденсаторный агрегат с воздушным охлаждением:
1 — ресивер; 2 — компрессор; 3 — конденсатор; 4 — вентилятор.

мается. Перемещающийся вверх теплый воздух замещается более холодным, и теплоотдача продолжается.

Конденсаторы со свободным движением воздуха применяются ограниченно. Они не могут рассеивать большое количество тепла из-за медленного обдува воздухом. В связи с этим нужны относительно большие площади поверхностей. Однако производство таких конденсаторов экономично, они не требуют большого объема обслуживания, и обычно их используют в домашних холодильниках.

Производительность конденсатора может быть увеличена посредством принудительного обдува. Это обычно обеспечивается вентилятором, который повышает интенсивность потока воздуха

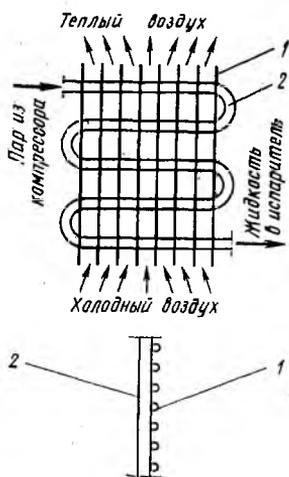


Рис. 84. Оребренный конденсатор со свободным движением воздуха:

1 — проволочные ребра; 2 — труба змеевика конденсатора.

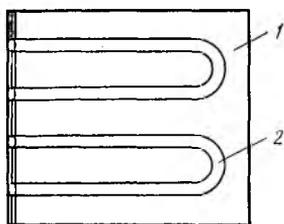


Рис. 85. Листотрубный конденсатор со свободным движением воздуха:

1 — лист; 2 — каналы для хладагента.

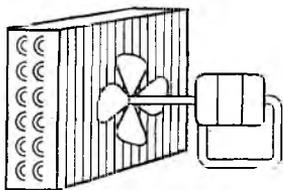


Рис. 86. Воздушный конденсатор с принудительным движением воздуха.

(рис. 86). Для этой цели используют осевой или центробежный вентилятор. Тип вентилятора зависит от таких конструктивных факторов, как сопротивление воздуха, уровень шума, потребность в площади и т. д.

Некоторые из первых воздушных конденсаторов имели гладкотрубную конструкцию. Однако этот тип конденсатора был малоэффективен и уступил место конденсатору из оребренных труб. Воздушный конденсатор с принудительным движением воздуха более практичен для установок большой производительности, чем конденсатор со свободным движением воздуха. Основными недостатками воздушных конденсаторов с принудительным движением воздуха являются экономические факторы и необходимость в дополнительной площади.

Воздушные конденсаторы легко монтируются, недороги в обслуживании, не требуют применения воды и не замерзают при низкой температуре. Однако для их работы необходимо достаточное количество воздуха, а в больших установках возникает шум от работающего вентилятора. В зонах с очень жарким климатом давление конденсации может подняться выше нормального из-за относительно высокой температуры окружающей среды. Однако, если имеется соответствующая площадь поверхности, воздушные конденсаторы нормально эксплуатируются во всех климатических зонах.

При наличии достаточной площади помещения конденсаторы могут иметь один ряд труб. Для компактности конденсаторы обычно изготавливают с малой площадью торцевой поверхности и с несколькими рядами труб в глубину. Когда через конденсатор воздух подается принудительно, он поглощает тепло и температура воздуха повышается. В связи с этим КПД каждого последующего ряда труб понижается.

Довольно широкое распространение имеют конденсаторы с восемью рядами

труб в глубину. Вытяжные вентиляторы, просасывающие воздух через конденсатор, образуют более равномерный поток воздуха, чем вентиляторы внешнего обдува (рис. 87). В связи с тем что равномерное распределение воздуха повышает КПД конденсатора, предпочтительнее использовать вытяжные вентиляторы.

В большинстве холодильных установок с воздушными конденсаторами, работающими при низкой температуре окружающей среды, имеют место повреждения компрессора из-за ненормально низкого давления нагнетания. Для поддержания оптимального давления нагнетания используют специальные устройства. Это относится к аппаратам, монтируемым на крыше здания, и к системам кондиционирования воздуха, подверженным воздействию низкой температуры окружающей среды. Производительность регуляторов потока хладагента зависит от разности давлений. В связи с тем что регуляторы выбирают для требуемой производительности при нормальном рабочем давлении, чрезмерно низкое давление нагнетания, которое понижает разность давлений в регуляторе потока, создает недостаточный поток хладагента. Уменьшенный поток хладагента может вызвать неустойчивую подачу его в испаритель, в результате чего в установках кондиционирования воздуха он обмерзает. При низких скорости движения потока хладагента, давлении в испарителе в нем накапливается масло. В результате в картере компрессора иногда образуется недостаток масла.

Требуемый перепад давлений в регуляторе потока зависит от давления нагнетания. При нормальных условиях в системе кондиционирования воздуха давление нагнетания должно поддерживаться соответственно температуре конденсации $32\text{ }^{\circ}\text{C}$, которая может быть при температуре окружающей среды $16,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. В связи с тем что обычно кондиционирования воздуха не требуется при таких низких температурах, не всегда необходим регулятор давления нагнетания. В тех случаях, когда необходима работа при температуре окружающей среды ниже $16\text{ }^{\circ}\text{C}$, нужное давление нагнетания для удовлетворения особых конкретных требований можно поддерживать с помощью трех способов: регулированием вентилятора, регулированием заслонки и затоплением конденсатора хладагентом.

Регулирование вентилятором является автоматическим способом поддержания давления конденсации в зимних условиях

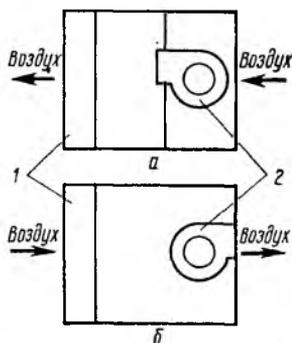


Рис. 87. Конденсаторы с вытяжным вентилятором (а) и с вентилятором внешнего обдува (б):

1 — змеевик конденсатора;
2 — вентилятор.

Таблица 3. Минимальная температура окружающей среды (в °С)

Исполнение конденсаторного агрегата	Расчетная разность температур, °С	Производительность компрессора, %			
		100	75	50	25
Двухвентиляторный и	16	2	0	4	13
	14	4	6	7	14
	11	9	9	10	16
четыревентиляторный	8	16	14	13	17
	6	22	19	16	18
Трехвентиляторный и	16	-15	-9	-2	9
	14	-7	-3	2	12
шестивентиляторный	11	1	3	6	13
	8	10	10	10	16
Четыревентиляторный	6	18	16	13	17
	16	-18	-10	-8	7
	14	-16	-9	-3	9
	11	-6	-2	2	12
	8	5	6	10	14
	6	14	13	12	17

Примечание. Минимальные температуры окружающей среды приняты из условий поддержания температуры конденсации 32 °С при производительности компрессора 100 %, температуры конденсации 27 °С — при производительности компрессора 75 % и температуры конденсации 21 °С — при производительности компрессора 50 и 25 %.

(при работе одного вентилятора в двухвентиляторном агрегате, двух вентиляторов в трехвентиляторном агрегате или трех вентиляторов в четырехвентиляторном агрегате) в зависимости от температуры воздуха на входе в конденсатор.

Регулирование давления нагнетания с помощью вентилятора в зависимости от производительности компрессора удовлетворительно при температурах окружающей среды, выше указанных в табл. 3. Контакты термореле размыкаются, когда температура конденсации достигает приблизительно 32 °С, и первый вентилятор останавливается. В табл. 4 даны приблизительные уставки термореле для нескольких величин расчетной разности температур. Эти уставки примерные, так как они не учитывают колебаний нагрузки.

Когда требуется работа оборудования при температурах окружающей среды, ниже указанных в табл. 3, необходимо применять регулирование заслонкой или затопление конденсатора. В табл. 5 даны минимальные температуры окружающей среды, когда применяют способ регулирования заслонкой.

Способ регулирования давления нагнетания заслонкой основан на принципе регулирования количества воздуха, проходящего через секцию конденсатора, посредством байпасной и торцевой заслонок на стороне выхода воздуха (рис. 88). Заслонки связаны таким образом, что при полностью закрытой торцевой заслонке лопатки байпасной заслонки полностью открыты. Это

Таблица 4. Уставки термореле (°C)

Исполнение конденсаторного агрегата	Расчетная разность температур, °C	Вентилятор 2		Вентилятор 3		Вентилятор 4	
		включе-ние	выклю-чение	включе-ние	выклю-чение	включе-ние	выклю-чение
Двухвентиляторный и	16	18	13	—	—	—	—
	14	22	17	—	—	—	—
четыревентиляторный	11	27	21	—	—	—	—
	8	29	23	—	—	—	—
Шестивентиляторный и	6	32	27	—	—	—	—
	16	13	7	18	13	—	—
трехвентиляторный	14	15	12	22	17	—	—
	11	18	16	27	21	—	—
Четыревентиляторный	8	24	21	29	24	—	—
	6	31	25	32	27	—	—
	16	1	-2	13	7	18	13
	14	7	4	15	12	22	17
	11	12	9	18	16	26	21
	8	19	16	24	21	29	24
	6	24	27	31	25	32	27

Таблица 5. Минимальная температура окружающей среды (в °C)

Исполнение конденсаторного агрегата	Расчетная разность температур, °C	Производительность компрессора, %			
		100	75	50	25
Двухвентиляторный и	16	-20	-20	-20	0
	14	-20	-20	-20	22
четыревентиляторный	11	-20	-20	-20	24
	8	-20	-20	3	37
Трехвентиляторный и	6	2	14	26	48
	16	-20	-20	-20	-5
шестивентиляторный	14	-20	-20	-20	8
	11	-20	-20	-20	8
Четыревентиляторный	8	-20	-20	0	35
	6	3	10	24	47
Четыревентиляторный	16	-20	-20	-20	-5
	14	-20	-20	-20	8
	11	-20	-20	-20	20
	8	-20	-20	0	34
	6	-2	-11	24	47

Примечание. Минимальные температуры наружного воздуха приняты из условий поддержания температуры конденсации 32 °C при производительности компрессора 100 %, температуры конденсации 27 °C — при производительности компрессора 75 % и температуры конденсации 21 °C — при производительности компрессора 50 и 25 %.

нормальное положение для эффективной работы заслонки (рис. 89). В таком положении вентилятор направляет поток воздуха на полностью закрытые лопасти заслонки. Затем поток воздуха выходит через широко открытую байпасную заслонку, возвращается к вентилятору и снова нагнетается в сторону закрытой торцевой заслонки. В этом положении воздух практически не проходит через змеевик конденсатора.

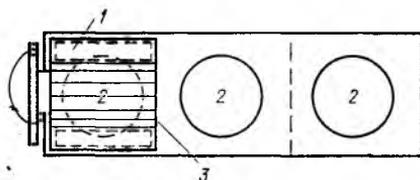


Рис. 88. Расположение регулирующих заслонок:

1 — байпасная заслонка; 2 — вентилятор конденсатора; 3 — торцевая заслонка.

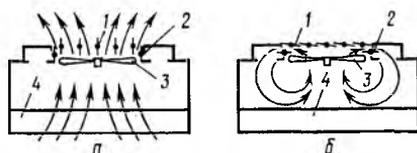


Рис. 89. Регулирование давления нагнетания с помощью заслонки:

а — торцевая заслонка в открытом положении; б — торцевая заслонка в закрытом положении; 1 — торцевая заслонка; 2 — байпасная заслонка; 3 — вентилятор; 4 — змеевик конденсатора.

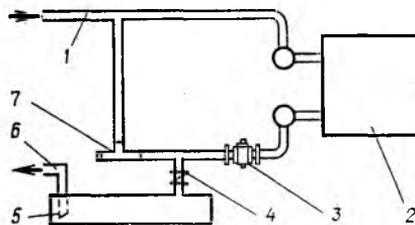


Рис. 90. Расположение клапанов и вентиля для затопления конденсатора жидким хладагентом:

1 — линия нагнетания; 2 — конденсатор; 3 — жидкостный вентиль; 4 — обратный клапан; 5 — ресивер; 6 — жидкостная линия; 7 — паровой вентиль.

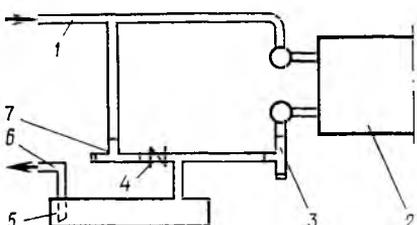


Рис. 91. Расположение жидкостного вентиля:

1 — линия нагнетания; 2 — конденсатор; 3 — жидкостный вентиль; 4 — обратный клапан; 5 — ресивер; 6 — жидкостная линия; 7 — паровой вентиль.

Регулирование давления нагнетания посредством затопления конденсатора основано на возврате жидкого хладагента в конденсатор, в результате чего понижается его эффективная производительность. Затопление конденсатора жидким хладагентом является усовершенствованным способом регулирования давления нагнетания. К конденсатору подсоединяют два регулирующих вентиля. Рекомендуется установка обратного клапана для предотвращения потока хладагента к конденсатору во время нерабочей части цикла (рис. 90). Работа этой системы не зависит от разницы в высоте монтажа конденсатора и ресивера, в связи с чем их можно удобно разместить в любых условиях.

Вентиль, расположенный на жидкостной линии между конденсатором и ресивером (рис. 91), в нормальных условиях закрыт и открывается при повышении давления в конденсаторе. Паровой, или байпасный, вентиль в нормальных условиях открыт и закрывается при повышении давления. Этот вентиль расположен на линии между жидкостным вентилем и ресивером.

Система работает следующим образом. При нормальных условиях окружающей среды во время пуска установки байпас-

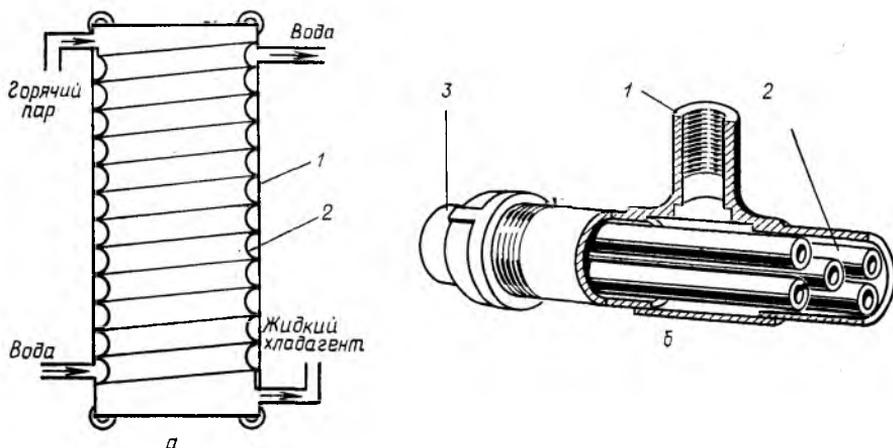


Рис. 92. Водяные конденсаторы:

a — вертикальный кожухотрубный: 1 — внешний кожух; 2 — внутренний кожух; 6 — двухтрубный (типа «труба в трубе»): 1 — присоединение для подачи хладагента; 2 — водяные трубы; 3 — присоединение для подачи воды.

ный вентиль открыт, а жидкостный закрыт. При движении горячего пара из компрессора одна его часть поступает в конденсатор, другая часть проходит по байпасному трубопроводу через открытый паровой вентиль и обратный клапан и входит в ресивер. Во время работы компрессора горячий пар конденсируется и уровень жидкости повышается, так как жидкостный вентиль на выпускной стороне конденсатора все еще закрыт. При повышении уровня жидкости понижается производительность конденсатора, в результате чего давление нагнетания увеличивается. Байпасируемый пар поддерживает или повышает давление в ресивере. Когда давление в конденсаторе повышается до определенного уровня, жидкостный вентиль начинает открываться, в результате чего жидкость выходит из конденсатора и поступает в ресивер. В то же время байпасный вентиль начинает закрываться, ограничивая тем самым поток горячего пара в ресивер. Регулирующее действие двух вентиляей поддерживает

соответствующие уровень жидкости в конденсаторе и давление нагнетания.

Затопление конденсатора в многовентиляторных конденсаторах жидкостью обычно применяют для расширения диапазона работы. Использование вентиляторов совместно с затоплением конденсатора жидкостью уменьшает требуемую зарядку системы хладагентом.

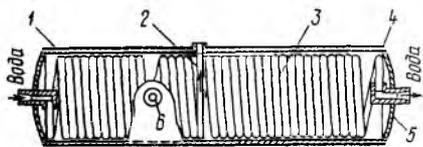


Рис. 93. Горизонтальный кожухотрубный конденсатор:

1 — кожух; 2 — труба для выхода хладагента; 3 — водяной змесвик; 4 — сварной шов; 5 — торцевая плита; 6 — входной штуцер для хладагента.

Водяные конденсаторы. Водяные конденсаторы предпочтительнее применять, когда в наличии имеется дешевая вода. В них создается более низкое давление конденсации.

Температура воды, особенно получаемой из подземных источников, обычно более низкая, чем температура окружающей среды. При использовании градиен конденсаторную воду можно охладить до температуры, приближающейся к температуре окружающей среды по влажному термометру. В результате обеспечивается непрерывная рециркуляция конденсаторной воды и расход ее снижается до минимума.

Водяные конденсаторы компактны. Это обусловлено высокими теплотехническими характеристиками воды. Существует

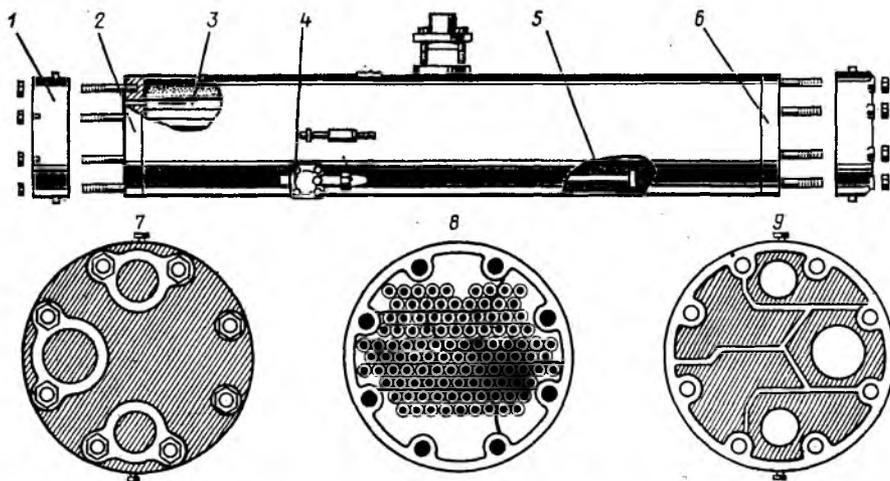


Рис. 94. Многоходовой водяной конденсатор:

1 — водяная крышка; 2, 6 — трубные решетки; 3 — водяные трубы; 4 — вентиль жидкого хладагента; 5 — межтрубное пространство; 7, 9 — штуцеры для выпуска воздуха; 8 — трубная решетка (вид спереди).

несколько типов конструкций водяных конденсаторов (рис. 92): кожухотрубные, двухтрубные (типа «труба в трубе»).

Кожухотрубные конденсаторы, иногда называемые конденсаторами-ресиверами, по внешнему виду напоминают жидкостные ресиверы. Кожухотрубный конденсатор работает как конденсатор и жидкостный ресивер. Он сконструирован в виде цилиндрического бака, имеющего патрубки для входа и выхода хладагента. В баке расположен водяной змеевик, который также имеет впускной и выпускной патрубки (рис. 93). Кожух изготавливают из стали. Торцевые плиты могут быть приварены или закреплены болтами. Закрепление торцевых плит болтами в многоходовом водяном конденсаторе (рис. 94) облегчает его очистку. Водяной змеевик обычно изготавливают из медной трубы. Большинство заводов для повышения эффективности конденсатора медную трубу оребряют. Охлаждающая вода проходит через змеевик. Выходной штуцер конденсатора присоединяют к сливному трубопроводу. Кроме того, отработавшая вода может сливаться в открытый сток. Для уменьшения количества сливаемой охлаждающей воды ее возвращают в градирню, а затем в систему (рис. 95).

Сжатый высокотемпературный хладагент из компрессора через входной штуцер конденсатора поступает во внутренний кожух, где он контактирует с холодными стенками водяного змеевика и кожуха. Большая часть тепла проходит через стенки медного змеевика и уносится циркулирующей водой. Часть тепла передается через стенки кожуха окружающему воздуху, что тоже способствует охлаждению хладагента. По мере отвода тепла хладагент конденсируется и жидкость собирается на дне кожуха. Труба для выпуска хладагента находится почти у самого дна ресивера, т. е. ее открытый нижний торец должен быть ниже уровня жидкости в нем. Жидкостная ли-

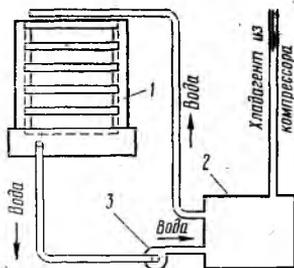


Рис. 95. Схема циркуляции охлаждающей воды: 1 — градирня; 2 — конденсатор; 3 — водяной насос.

Пар хладагента высокого давления из конденсатора

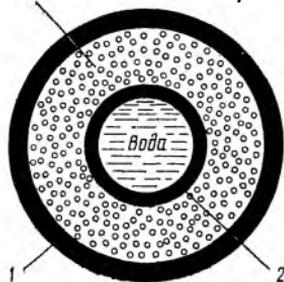


Рис. 96. Поперечное сечение двухтрубного конденсатора (типа «труба в трубе»):

1 — наружная труба; 2 — внутренняя труба.



Рис. 97. Типичная схема противотока.

ния, идущая к испарителю, присоединена к выпускному штуцеру ресиверной части конденсатора.

Кожухотрубные конденсаторы могут быть горизонтальной или вертикальной конструкции. Наиболее распространенной является горизонтальная конструкция, так как в современных установках конденсатор монтируют под компрессором и он занимает свободное место, которое иначе не использовалось бы вообще. Вертикальный конденсатор монтируют на фундаментной плите, в результате чего увеличивается площадь пола, необходимая для размещения компрессорно-конденсаторного агрегата.

Двухтрубные конденсаторы (типа «труба в трубе») часто используют в холодильных установках с водяным охлаждением. Их изготавливают из двух медных труб, расположенных одна

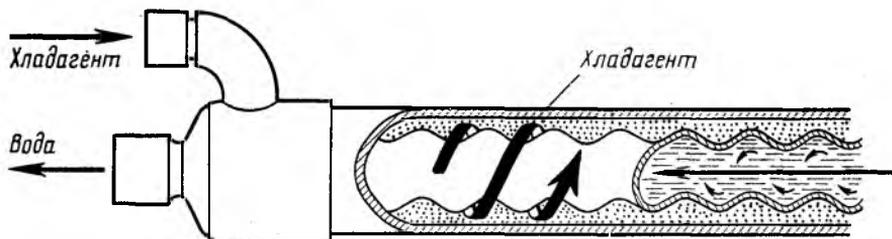


Рис. 98. Принцип конструкции с противоточным завихрением.

внутри другой. Например, медная труба с наружным диаметром 16 мм может быть использована как внешняя труба, а труба с наружным диаметром 11 мм — как внутренняя (рис. 96).

С помощью специальных соединений конденсатор может быть сделан таким образом, чтобы вода циркулировала через внутреннюю трубу, а поток хладагента проходил в пространстве между трубами. Тепло передается от сжатого хладагента через тонкие стенки внутренней трубы к охлаждающей воде, которая отводит тепло. Тепловой поток направлен от сжатого пара к воде. Однако часть тепла от хладагента отводится в окружающую среду через внешнюю трубу, в результате чего повышается производительность конденсатора.

Двухтрубные конденсаторы (типа «труба в трубе») имеют вид змеевика, и поэтому сжатый хладагент поступает сверху и стекает вниз по мере конденсации так же, как и в воздушном конденсаторе. Охлаждающая вода поступает снизу и перемещается вверх. Таким образом жидкий хладагент и холодная вода циркулируют в противоположных направлениях, или противотоком (рис. 97).

Более эффективный способ использования двухтрубного конденсатора заключается в применении конструкции с противоточным завихрением (рис. 98), что обеспечивает максимальный

коэффициент теплопередачи. Трубная конструкция имеет очень высокую механическую жесткость. При движении воды создается достаточное трение ее о стенки трубы и поток турбулизируется. Рассмотренная конструкция выдерживает очень высокое давление.

Давление городской водопроводной сети используют иногда для циркуляции воды через конденсатор. В очень больших установках воду рециркулируют для снижения расходов на нее, в особенности когда она имеет высокую стоимость или трудно обеспечить неограниченное ее количество. В таких случаях применяют испарительный конденсатор.

Испарительные конденсаторы. Их часто применяют, если необходимо получить более низкую температуру конденсации, чем это возможно при использовании воздушных конденсаторов или когда воды недостаточно.

Простейший испарительный конденсатор представляет собой воздушный аппа-

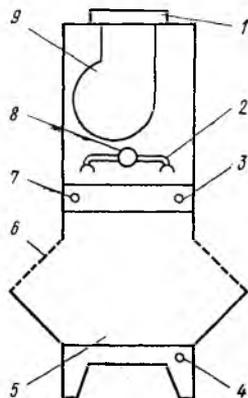


Рис. 99. Испарительный конденсатор:

1 — патрубок для выхода воздуха; 2 — распылительный коллектор; 3 — патрубок выхода хладагента; 4 — отверстие для входа свежей воды; 5 — водяной поддон; 6 — решетка, через которую подается воздух; 7 — патрубок входа холодного агента; 8 — труба для подачи воды; 9 — вентилятор.

рат, внутри которого распыляется вода. Вода, абсорбирующая тепло от хладагента, испаряется с поверхности ребер змеевика под действием воздушного потока, создаваемого вентилятором. Отвод скрытой теплоты, расходуемой для испарения части воды, приводит к уменьшению количества сухого тепла в остающейся воде и поэтому к понижению ее температуры. Испарительный конденсатор может понизить температуру воды почти до температуры воздуха по влажному термометру (рис. 99).

Горячий пар хладагента поступает в змеевик распылительной камеры, где он охлаждается за счет испарения воды, контактирующей с трубопроводом хладагента. В связи с тем что охлаждение осуществляется в результате испарения воды, ее расход составляет только небольшую часть того количества, которое потребляется в обычных системах с водяным охлаждением. Из этих систем воду сливают после ее использования. Испарительные конденсаторы применяют в жарких, сухих зонах.

Противоток охлаждающей воды

В водяном конденсаторе хладагент охлаждается почти до температуры воды на входе в конденсатор. Для достижения этой цели конденсатор должен работать по принципу противо-

тока (рис. 100). Горячий пар хладагента поступает в конденсатор сверху и по мере сжижения стекает вниз. Вода подается в конденсатор снизу и течет в противоположном направлении. При использовании метода противотока поступающий горячий пар хладагента охлаждается сначала теплой водой, выходящей из конденсатора, а после конденсации — поступающей холодной водой. Жидкий хладагент охлаждается таким образом почти до температуры поступающей холодной воды. Если бы потоки хладагента и охлаждающей воды текли в одном направлении, то поступающий нагретый хладагент входил бы в контакт сначала с холодной водой, а выходящий жидкий хладагент контактировал бы с теплой выходящей водой. Поэтому невозможно было бы поддерживать максимальную разность температур между двумя средами и значительно сократился бы поток тепла от хладагента к воде.

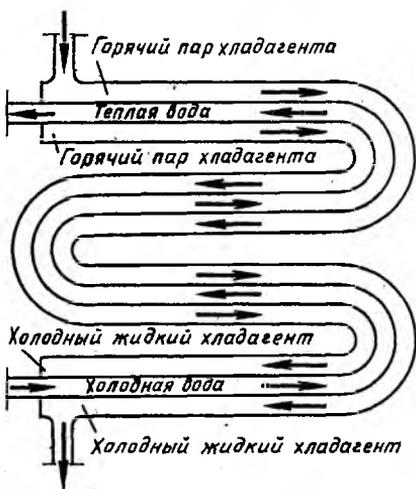


Рис. 100. Принцип противотока в конденсаторе.

сначала с холодной водой, а выходящий жидкий хладагент контактировал бы с теплой выходящей водой. Поэтому невозможно было бы поддерживать максимальную разность температур между двумя средами и значительно сократился бы поток тепла от хладагента к воде.

Производительность конденсатора

Производительность конденсатора зависит от нескольких факторов:

площади поверхности конденсатора;

контакта между хладагентом и внутренней поверхностью конденсатора;

разности температур между охлаждающей средой и парообразным хладагентом;

скорости движения потока парообразного хладагента в трубах конденсатора. При нормальных условиях эксплуатации чем выше скорость, тем лучше коэффициент теплопередачи и тем больше производительность;

интенсивности потока охлаждающей среды, омывающей или протекающей через конденсатор. Коэффициент теплопередачи увеличивается при повышении скорости движения потоков воздуха и воды, а также при повышении плотности воздуха;

материала конденсатора. В связи с тем что теплопередача зависит от материала, то металлы, имеющие больший коэффициент теплопроводности, повышают производительность аппарата;

чистоты теплопередающей поверхности. Грязь, накипь или коррозия снижают интенсивность теплопередачи;

скорости замещения сконденсированного хладагента неохлажденным парообразным агентом.

Для каждой модели конденсатора физические характеристики являются определенными. Основная переменная — это разность температур между парообразным хладагентом и охлаждающей средой.

Температура конденсации

Температура конденсации — это температура, при которой парообразный хладагент превращается в жидкость. Эту температуру нельзя путать с температурой охлаждающей среды. Температура конденсации всегда должна быть выше, чтобы осуществился процесс теплопередачи.

Для конденсации парообразного хладагента, подаваемого в конденсатор, тепло должно отводиться от него с той же интенсивностью, с какой оно поступает с парообразным хладагентом, подаваемым в конденсатор. Как указывалось ранее, единственный способ повышения производительности конденсатора при данных условиях заключается в увеличении разности температур.

При работе поршневого компрессора давление в конденсаторе будет повышаться до тех пор, пока разность температур между конденсирующимся паром и охлаждающей средой станет достаточно велика для передачи требуемого количества тепла. Эта разность температур может быть очень маленькой в большом конденсаторе. Значительная разность температур становится причиной возникновения опасно высокого давления нагнетания в небольшом конденсаторе, если прегражден поток воздуха или воды к нему. Поэтому важно, чтобы конденсатор во время эксплуатации холодильного агрегата работал с оптимальной разностью температур.

Температура конденсации, а следовательно, и давление конденсации определяются производительностью конденсатора, температурой охлаждающей среды и энтальпией парообразного хладагента, нагнетаемого компрессором. Энтальпия в свою очередь зависит от объема, плотности и температуры нагнетаемого пара.

Разность температур при конденсации

Конденсатор для системы обычно выбирают, исходя из его способности справиться с нагрузкой на компрессор при желательной разности температур между температурой конденсации и ожидаемой температурой охлаждающей среды. Большинство воздушных конденсаторов используют для работы при разности температур от 11 до 17 °С. В специальных случаях конденсаторы работают при большей или меньшей разности температур.

Компрессорно-конденсаторные агрегаты часто выпускают с одним конденсатором для широкого диапазона работы. Для того чтобы диапазон работы был возможно шире, разность температур при высоком давлении всасывания может быть от 17 до 22 °С. При низкой температуре кипения хладагента разность температур не превышает часто 2—6 °С. Расчетная температура конденсации в агрегатах с водяным охлаждением определяется температурой поступающей воды, а также интенсивностью ее потока и может быть от 32 до 49 °С.

В связи с тем что производительность компрессора должна быть выше производительности испарителя на величину, равную теплоте сжатия и потере КПД двигателя, завод-изготовитель может определять производительность конденсаторов в единицах производительности испарителя или рекомендовать коэффициент, учитывающий теплоту сжатия, при выборе конденсатора соответствующего размера.

Неконденсирующиеся газы

Воздух состоит в основном из азота и кислорода. Оба элемента остаются в газовой фазе при любых температуре и давлении, встречающихся в торговом холодильном оборудовании и в системах кондиционирования воздуха. Поэтому, несмотря на то что эти газы могут быть сжижены при исключительно высоком давлении и очень низкой температуре, в холодильной системе их можно рассматривать как неконденсирующиеся газы.

В смеси каждый газ создает свое собственное давление независимо от других газов и общее давление в системе является суммой давлений всех присутствующих в ней газов. Это явление известно как закон Дальтона. Другой газовый закон заключается в том, что если пространство, в котором находится газ, остается постоянным и газ не может расширяться, его давление изменится в зависимости от температуры. Если воздух и хладагент находятся в герметичной системе, то давление азота и кислорода добавляется к давлению хладагента. Это суммарное давление увеличится при повышении температуры.

В связи с тем что воздух является неконденсирующимся газом, он обычно остается в верхней части конденсатора и ресивера. Во время работы компрессора давление нагнетания представляет собой сумму давления конденсации хладагента и давления, создаваемого азотом и кислородом. Избыток давления, превышающий давление конденсации, который может образоваться, зависит от количества имеющегося в аппаратах воздуха и легко может достигнуть величины 0,28—0,35 МПа и выше. Воздух является основной причиной работы системы при ненормально высоком давлении нагнетания.

Очистка конденсатора

В связи с тем что конденсатор предназначен для отвода тепла, совершенно очевидно, что слой грязи или накипи будет являться изоляцией и препятствовать отводу тепла, вызывая тем самым повышение давления. Для поддержания максимальной эффективности аппарата механик по обслуживанию должен периодически очищать поверхность конденсатора. На наружной поверхности конденсатора часто осажается масло, в результате чего на воздушных аппаратах осажается пыль. Масло и пыль должны быть удалены с поверхности аппаратов. В трубах водяных конденсаторов образуется слой накипи, напоминающий накипь на внутренних стенках чайника. Этот слой накипи также необходимо удалять, так как он снижает эффективность теплопередачи. В связи с тем что в различных местностях вода содержит неодинаковые минеральные соли, для очистки конденсатора следует подбирать соответствующие средства.

Расположение конденсатора

Воздушный конденсатор должен омываться свободным потоком воздуха, и поэтому его необходимо монтировать в вентилируемом помещении таким образом, чтобы холодный воздух замещал нагретый. Если количество холодного воздуха будет недостаточным, то создается высокое давление нагнетания.

Водяные конденсаторы не следует монтировать в местах, где температура окружающей среды может быть ниже температуры замерзания воды. При замерзании воды цилиндры компрессора или конденсатор могут разорваться. Трубы кожухотрубного конденсатора могут лопнуть при замерзании воды, в результате чего она попадет в холодильную систему. При разрыве трубы необходимо тщательно осушить всю систему, включая компрессор, конденсатор, ресивер и трубопроводы хладагента.

Для обеспечения удовлетворительной работы системы температура вблизи компрессорно-конденсаторного агрегата с водяным охлаждением не должна опускаться ниже 15 °С. Если агрегат, например компрессорно-конденсаторный агрегат установки кондиционирования воздуха, отключают на зимнее время, то из всей системы следует спустить охлаждающую воду.

Из вертикального конденсатора легко слить воду, открывая спускной ventиль или спускное отверстие в нижней части аппарата. Для освобождения змеевиков горизонтального конденсатора от воды простое разъединение водяных труб недостаточно, так как в нижней части каждого змеевика останется вода. Для удаления воды змеевик продувают сжатым воздухом или приподнимают один конец аппарата, отсоединяя конденсатор от фундамента. Продувая аппарат, необходимо отсоединить

входной и выходной патрубки, иначе вода не будет спущена полностью. Когда водяная полость представляет собой непрерывный змеевик, самый легкий способ его осушки заключается в продувке сжатым воздухом. При этом способе необходимо полностью отсоединить водяные трубы.

Водорегулирующие вентили

Поток воды к конденсатору регулируется автоматическим водяным вентилем, который снижает ее расход и поддерживает постоянное давление нагнетания.

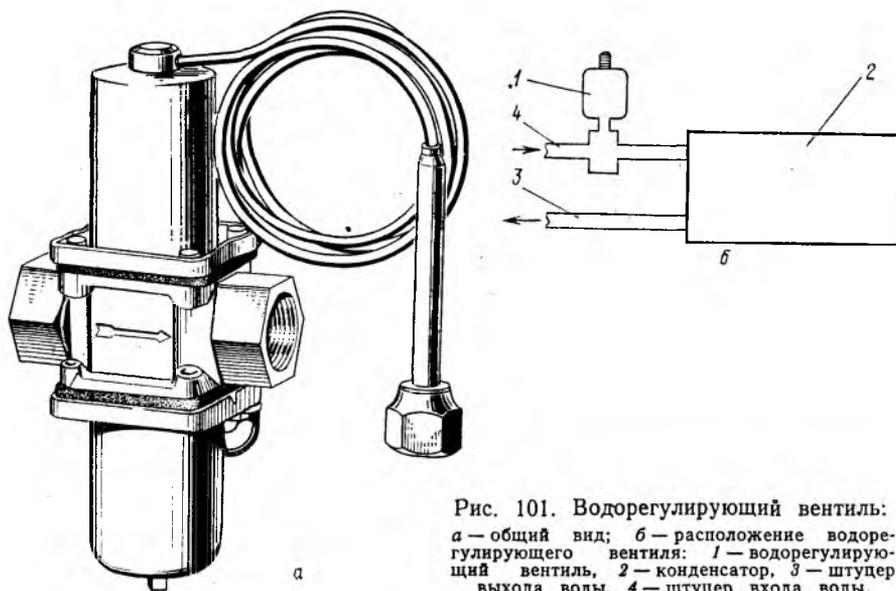


Рис. 101. Водорегулирующий вентиль:
a — общий вид; *b* — расположение водорегулирующего вентиль: 1 — водорегулирующий вентиль, 2 — конденсатор, 3 — штуцер выхода воды, 4 — штуцер входа воды.

Наиболее распространенным типом водорегулирующего вентилья является сильфонный регулятор подачи охлаждающей воды (рис. 101). Сильфон этого вентилья присоединен к стороне нагнетания холодильной системы, обычно у крышки цилиндра компрессора. Следовательно, вентиль срабатывает при колебаниях давления на стороне высокого давления. Эти колебания передаются водяному вентилью через трубку реле высокого давления. При повышении давления нагнетания вентиль постепенно открывается и обеспечивается поток воды в зависимости от рабочих потребностей. Давление хладагента действует на металлический сильфон, поэтому при повышении давления становится более интенсивным поток воды. При этом снижается давление в конденсаторе и повышается холодопроизводительность агрегата. Когда давление в конденсаторе или на стороне

нагнетания понизится, клапан автоматически закрывается и расход воды уменьшается в соответствии с нагрузкой на конденсатор. В теплую погоду давление в холодильной системе выше, чем в холодную. При более высоком давлении водяной клапан автоматически открывается и подача воды увеличивается.

Клапан обычно монтируют на линии подачи воды в конденсатор (рис. 101, б). Направление потока воды должно всегда соответствовать указаниям, обозначенным на клапане. Обычно это стрелка или слово «Вход».

Жидкостные ресиверы

В некоторых типах холодильных агрегатов в конденсаторе имеется достаточное пространство для всего хладагента, заряженного в систему. Если конденсатор не имеет такую емкость, за ним обычно устанавливают ресивер

(рис. 102). Количество хладагента, требуемое для нормальной работы агрегата, определяет необходимость в ресивере. Если жидкостная линия присоединена к верхней части ресивера (рис. 103), в него вводят трубку, которая опускается до дна. Для нормальной работы необходимо, чтобы уровень хладагента никогда не опускался ниже нижнего конца трубки. Когда пространство над поверхностью жидкости, предназначенное для пара, занимает избыточное количество жидкого хладагента, это может повлиять на нормальную работу машины, создавая чрезмерно высокое давление. Емкость жидкостного ресивера зависит от общего количества хладагента, необходимого для нормальной работы системы. Ее определяют при конструировании агрегата.

Бытовые холодильные аппараты заполняют малым количеством хладагента. Поэтому такие аппараты не нуждаются в предохранительных устройствах. Когда эксплуатируются более крупные холодильные агрегаты и установки кондиционирования воздуха, требуется устройство для защиты ресивера в целях предотвращения его разрыва из-за избыточного давления или при пожаре. Предохранительное устройство представляет собой плавкую металлическую вставку, устанавливаемую в верхней части ресивера (рис. 104). Поэтому, если жидкостный ресивер подвергается воздействию высокой температуры, например при пожаре,

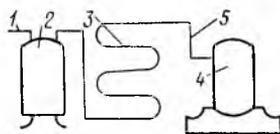


Рис. 102. Расположение жидкостного ресивера: 1 — жидкостная линия к испарителю; 2 — ресивер; 3 — конденсатор; 4 — компрессор; 5 — нагнетательная линия.

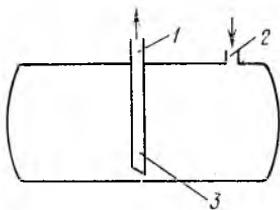


Рис. 103. Горизонтальный ресивер: 1 — патрубок выхода хладагента; 2 — патрубок для входа хладагента; 3 — сборная трубка для жидкого хладагента.

он не взрывается, так как плавкая вставка расплавляется и хладагент вытекает, не принося какого-либо вреда. К плавкой вставке больших жидкостных ресиверов, содержащих значительное количество хладагента, присоединяют выпускную трубу. В случае расплавления вставки парообразный хладагент будет выпущен через указанную трубу в атмосферу.

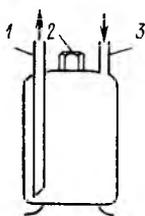


Рис. 104.
Вертикальный ресивер:

1 — патрубок для выхода хладагента; 2 — плавкая вставка; 3 — патрубок для входа хладагента.

Во время обслуживания механику иногда необходимо нагреть жидкостный ресивер. Поэтому он должен принять меры предосторожности, чтобы жидкостный ресивер не нагрелся до температуры плавления вставки. Плавкие вставки обычно рассчитаны на температуры плавления 74 и 100 °С. При случайном нагреве жидкостного ресивера до этой температуры необходимо заменить вставку, а также зарядку хладагента.

Большинство установок обычно заряжают хладагентом до заполнения жидкостного ресивера на одну треть. Если ресивер имеет выпускную трубку, нижний конец которой расположен у дна ресивера, уровень жидкости никогда не должен опускаться ниже трубки. В вертикальных ресиверах уровень хладагента должен быть примерно на 80 мм выше нижнего конца выпускной трубки, а в горизонтальных ресиверах — на 25 мм.

Правила безопасности

Большая часть жидкого хладагента находится в конденсаторе и ресивере холодильной системы. Для повышения интенсивности теплопередачи конденсаторы снабжены алюминиевыми ребрами. Ресиверы имеют предохранительные устройства, при работе с которыми необходимо принимать меры предосторожности.

1. Необходимо быть осторожными при работе с воздушными конденсаторами, так как имеющиеся в нем алюминиевые ребра очень острые и о них можно серьезно порезаться.

2. Запрещается гнуть ребра, так как это препятствует нормальной циркуляции воздуха и теплопередаче от конденсатора.

3. Запрещается нагревать ресивер, содержащий хладагент, так как повышение давления может привести к взрыву, а следовательно, и к травмам обслуживающего персонала.

4. Запрещается закрывать предохранительное устройство на ресивере.

5. Запрещается заглушать предохранительное устройство ресивера.

6. Запрещается заполнять ресивер или конденсатор более чем на 85 % его номинальной емкости.

Выводы

Конденсатор — это аппарат для отвода тепла из холодильной системы. Существуют следующие типы конденсаторов: воздушные, водяные и испарительные.

Воздушные конденсаторы широко используются в торговом холодильном оборудовании, бытовых аппаратах и агрегатах для кондиционирования воздуха.

Различают следующие виды воздушных конденсаторов: конденсаторы с принудительным движением воздуха и конденсаторы со свободным движением воздуха.

Возможность применения конденсаторов с принудительным движением воздуха определяется их экономичностью и занимаемой площадью.

При низких температурах окружающей среды большинство холодильных систем с конденсатором воздушного охлаждения работает неудовлетворительно из-за чрезмерно низкого давления нагнетания, если нет каких-либо средств поддержания нормального уровня давления.

Регулирование давления нагнетания в воздушных конденсаторах осуществляется вентилятором, заслонкой или затоплением конденсатора хладагентом.

Когда имеется достаточное количество дешевой воды, предпочтительно использовать водяные конденсаторы из-за более низкого давления конденсации и лучшей возможности регулирования давления нагнетания.

Водяные конденсаторы обычно очень компактны вследствие высоких теплотехнических свойств воды.

Водяные конденсаторы классифицируются следующим образом: кожухотрубные, двухтрубные (типа «труба в трубе») и испарительные.

Кожухотрубный конденсатор совмещает собственно конденсатор и жидкостный ресивер.

Кожухотрубные конденсаторы выпускают горизонтальные и вертикальные.

Двухтрубные конденсаторы конструируют в виде двух медных труб, расположенных одна внутри другой.

Двухтрубные конденсаторы отдают тепло окружающему воздуху и воде.

Испарительные конденсаторы используют в том случае, когда требуется более низкая температура конденсации, чем это обеспечивается воздушными конденсаторами, или недостаточно воды при использовании водяных конденсаторов.

Испарительный конденсатор представляет собой воздушный конденсатор, омываемый потоком воды.

В водяном конденсаторе хладагент охлаждается почти до температуры охлаждающей воды на входе в конденсатор.

Водяные конденсаторы функционируют по принципу противотока, когда потоки хладагента и воды направлены в противоположные стороны.

Для каждой модели конденсатора физические характеристики являются заданными и основная переменная — это разность температур между парообразным хладагентом и охлаждающей средой.

Температура конденсации — это температура, при которой парообразный хладагент конденсируется в жидкость.

Повысить производительность конденсатора можно, увеличив разность между температурой конденсации и температурой охлаждающей среды.

Температура конденсации и, следовательно, давление конденсации определяются производительностью конденсатора, температурой охлаждающей среды и энтальпией парообразного хладагента, нагнетаемого компрессором, которая в свою очередь определяется объемом, плотностью и температурой нагнетаемого пара.

Конденсатор обычно выбирают для системы таким образом, чтобы его производительность соответствовала нагрузке компрессора при требуемой

разности между температурой конденсации и ожидаемой температурой охлаждающей среды.

В связи с тем что воздух является неконденсирующимся газом, он обычно остается в верхней части конденсатора и ресивера.

Для поддержания максимальной эффективности теплообмена механик по обслуживанию должен периодически очищать поверхность конденсатора.

Поток воды через конденсатор регулируется автоматическим водорегулирующим вентилем, который снижает ее расход и поддерживает постоянное давление нагнетания.

Наиболее распространенным типом водорегулирующего вентиля является сифонный регулятор подачи охлаждающей воды по давлению.

Для поддержания нормальной работы агрегата уровень жидкости в ресивере не должен опускаться ниже конца заборной трубки.

Контрольные вопросы

1. Назначение конденсатора холодильной установки.
2. Назовите три типа конденсаторов.
3. Как предотвратить плохую работу холодильной установки с воздушным конденсатором при низкой температуре окружающей среды?
4. Почему иногда предпочтительнее использовать водяные конденсаторы, чем воздушные?
5. Как классифицируются водяные конденсаторы?
6. Какой водяной конденсатор применяют в качестве конденсатора и ресивера?
7. На каком принципе основана работа водяных конденсаторов?
8. Как выбирают конденсаторы?
9. Почему воздух остается в конденсаторе или ресивере, если он попал в систему?
10. Какие факторы определяют давление конденсации?
11. Как можно повысить производительность конденсатора?
12. Каково назначение автоматического водорегулирующего вентиля?
13. Когда предпочтительно использовать испарительный конденсатор?
14. Откуда поступает скрытое тепло для охлаждения хладагента в испарительном конденсаторе?
15. Какие факторы определяют производительность конденсатора?
16. Дайте определение температуры конденсации.
17. Что такое разность температур в конденсаторе?
18. Какой аппарат имеет более высокую производительность: конденсатор или испаритель?
19. Почему неконденсирующиеся газы должны быть удалены из холодильной системы?
20. Как влияет загрязнение конденсатора на давление нагнетания?
21. Где должен быть расположен конденсатор?
22. Каково назначение водорегулирующего вентиля?
23. Каково назначение жидкостного ресивера?
24. Назовите допустимый нижний уровень жидкого хладагента в ресивере?
25. Каково назначение плавкой вставки в ресивере?

Глава 5. Испарители

Испаритель является важнейшим элементом холодильной системы, так как именно в нем осуществляется действительный процесс охлаждения. Испаритель — это устройство, которое аб-

сорбирует тепло в холодильную систему. Испаритель устанавливают в охлаждаемом пространстве. Тепло поглощается в результате кипения хладагента в трубах испарителя.

Типы испарителей

Существует два типа испарителей: сухой (с выходом сухого насыщенного пара) и затопленный (рис. 105).

Испаритель первого типа представляет собой змеевик из цельной трубы, в один конец которого регулятором потока подается хладагент, а ко второму концу присоединен всасывающий трубопровод. При прохождении через испаритель хладагент поглощает тепло и кипит. Хладагент не собирается, как в затопленном аппарате. Кроме того, в испарителе нет граничной линии между жидким и парообразным хладагентом.

В затопленном испарителе происходит рециркуляция хладагента с помощью дополнительной камеры разделения. Жидкий хладагент поступает в камеру разделения через регулятор потока и стекает на дно камеры и к входному отверстию испарителя. Во время течения через испаритель хладагент поглощает тепло и кипит. При выходе из испарителя жидкий хладагент отделяется в камере от пара и рециркулирует.

При регулировании уровня жидкого хладагента и рециркуляции неиспарившейся его части необходимо убедиться в том, что весь змеевик испарителя затопляется жидким хладагентом при любой тепловой нагрузке. Различают испарители одноходовые и многоходовые. Многоходовые испарители нашли наибольшее распространение из-за лучшей эффективности и экономичности.

Исполнение испарителей

Испарители изготавливают различной формы в зависимости от потребности. Наиболее распространен воздухоохладитель, в котором жидкий хладагент кипит в оребренных трубах, абсорбируя тепло из воздуха, подаваемого через змеевик вентилятором (рис. 106).

В специальных случаях можно использовать гладкотрубный испаритель (рис. 107), испаритель с естественной конвекцией воздуха (рис. 108), листотрубный испаритель (рис. 109) или другие модификации.

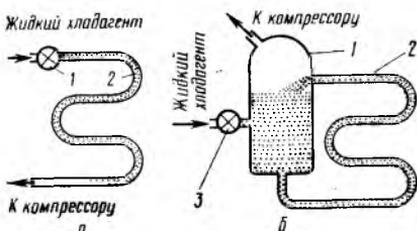


Рис. 105. Типы испарителей:

а — сухой испаритель; 1 — регулирующий вентиль, 2 — испаритель; б — затопленный испаритель; 1 — отделитель жидкости, 2 — испаритель, 3 — регулирующий вентиль.

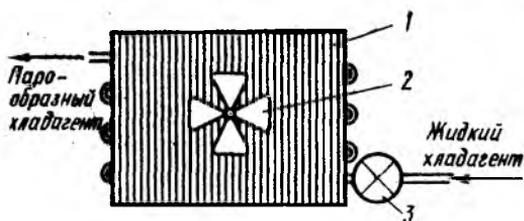


Рис. 106. Воздухоохладитель или испаритель с принудительной конвекцией:
1 — испаритель; 2 — вентилятор; 3 — регулирующий вентиль.

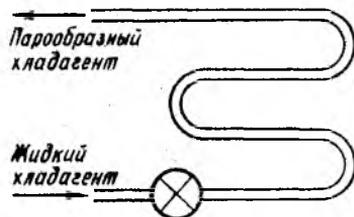


Рис. 107. Гладкотрубный испаритель.

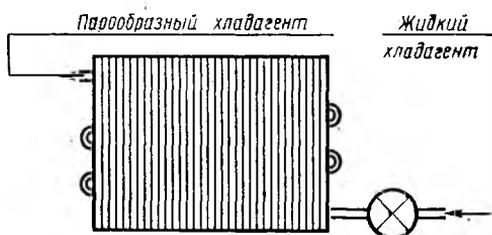


Рис. 108. Испаритель с естественной конвекцией воздуха.

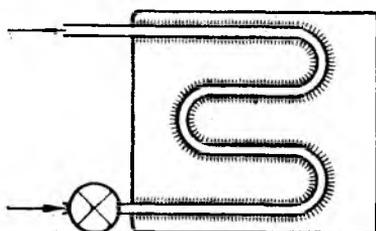


Рис. 109. Листотрубный испаритель.

Передача тепла в испарителях

Передача тепла из охлаждаемого пространства к хладагенту в испарителе происходит двухступенчато: тепло из охлаждаемого пространства поглощается металлом, из которого изготовлен испаритель; тепло передается через металл и поглощается хладагентом в испарителе.

Передача тепла от воздуха в охлаждаемом пространстве к металлу, из которого изготовлен испаритель, зависит от нескольких факторов: состояния открытой поверхности испарителя (блестящее или тусклое, шероховатое или гладкое); разности температур между окружающим воздухом и поверхностью испарителя; скорости движения потока воздуха, переносящего тепло, в охлаждаемом пространстве; теплопроводности металла, из которого изготовлен испаритель; толщины слоя инея на испарителе.

Разность температур между воздухом и поверхностью испарителя — очень важный фактор. Если разность невелика, то интенсивность передачи тепла будет низкой.

Скорость движения потока воздуха, переносящего тепло в охлаждаемом пространстве, зависит от конструкции испарителя. Когда воздух, находящийся в контакте с испарителем, охлаждается, он замещается теплым воздухом. Если циркуляция воздуха чем-либо ограничивается, тепло к охладителю будет передаваться не полностью и температура не будет поддерживаться на требуемом уровне. Если воздух циркулирует свободно, количество тепла, передаваемое от воздуха, увеличится в 4—6 раз по сравнению с передачей тепла от неподвижного воздуха. В большинстве установок обеспечивается принудительный обдув поверхности испарителя, в результате чего холодопроизводительность его увеличивается более чем в 20 раз по сравнению с холодопроизводительностью испарителя с естественной конвекцией.

Передача тепла от поверхности испарителя к хладагенту является важнейшим фактором, так как именно хладагент поглощает тепло. Интенсивность теплопередачи от поверхности испарителя к хладагенту зависит от следующих факторов: площади поверхности испарителя; разности температур между охлаждаемой средой и кипящим хладагентом; скорости движения потока хладагента в трубах испарителя (при нормальных условиях — чем больше скорость, тем выше интенсивность теплопередачи); отношения площади основной поверхности к площади дополнительной; состояния хладагента (испаритель с выходом сухого насыщенного пара или затопленный испаритель); отсутствия масляной пленки; интенсивности отвода паробразного хладагента; охлаждаемой среды (тепловой поток от жидкости к испарителю почти в пять раз интенсивнее, чем от воздуха к испарителю); температуры точки росы воздуха на входе (если температура в испарителе ниже температуры точки росы воздуха на входе, происходит отвод скрытого и сухого тепла).

Холодопроизводительность испарителя пропорциональна площади его поверхности. Если площадь поверхности небольшая, производительность будет низкой. Поэтому змеевик испарителя оребряют.

Отношение основной поверхности к дополнительной — это отношение площади поверхности труб к площади поверхности ребер испарителя. Испарители изготавливают для различных целей и поэтому необходимо рассчитывать площадь поверхности испарителя для данной установки.

Если холодильный агрегат работает ненормально и отсасывает пара хладагента меньше, чем его образуется в испарителе, то давление в нем повысится и процесс кипения замедлится. При повышении давления увеличивается температура кипения хладагента и соответственно повышается температура в испарителе. Разность между температурой циркулирующего воздуха и температурой в испарителе уменьшится. В результате значительно снизится интенсивность охлаждения. В домашнем холо-

дильнике температура кипения хладагента обычно равна примерно -15°C . Если мы примем среднюю температуру в холодильнике равной 7°C , то разность между температурой в охлаждаемом пространстве и температурой хладагента в испарителе составит 22°C .

Теплопроводность испарителя

Металлы характеризуются высокой теплопроводностью. В связи с этим в качестве проводников тепла используют металлы, а неметаллы (асбест, пробку и стекло) — в качестве изоляции, так как они плохо проводят тепло. Способность проводить тепло выражается коэффициентом теплопроводности, который равен количеству тепла, проходящему через единицу поверхности материала в единицу времени при температурном градиенте 1°C . Этот коэффициент обозначается символом λ . Коэффициенты теплопроводности [в $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{K})$] различных материалов приведены ниже.

Медь при $T = 300\text{ K}$	386
Алюминий при $T = 300\text{ K}$	169
Сталь при $T = 293\text{ K}$	65
Бетон (в среднем) при $T = 273\text{ K}$	0,87
Фарфор при $T = 368\text{ K}$	1,04
Вода при $T = 283\text{ K}$	0,58
Дерево (сосна вдоль волокна) при $T = 293\text{ K}$	0,35
Дерево (сосна поперек волокна) при $T = 273\text{ K}$	0,14
Смазочное масло	0,128—0,151
Асбест волокнистый при $T = 300\text{ K}$	0,157
Пробковая плита при $T = 353\text{ K}$	0,042—0,053
Минеральная вата при $T = 273\text{ K}$	0,044
Воздух при $T = 273\text{ K}$	0,024

Медь характеризуется значительно более высоким коэффициентом теплопроводности по сравнению с другими металлами. Сталь имеет значительно более низкую теплопроводность, чем медь. Однако в испарителях можно использовать сталь, так как толщина элементов испарителя относительно небольшая. Максимальный тепловой поток обеспечивается при использовании меди, но из-за сопротивления окисной пленки на поверхности металла теплопередача медного испарителя только на 10—20 % выше, чем стального.

В холодильной технике и в системах кондиционирования воздуха в качестве изоляционных материалов используют многие неметаллы, например асбест, пробку и минеральную вату. Это обусловлено их низким коэффициентом теплопроводности.

Расчет передачи тепла

Общее количество тепла Q (в Вт), передаваемое любым змеевиком за 1 ч, определяют по следующей формуле:

$$Q = kF(t_1 - t_0),$$

где k — коэффициент теплопередачи, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$; F — площадь поверхно-

сти, через которую проходит тепловой поток, m^2 ; t_1 — температура охлаждаемого пространства, $^{\circ}C$; t_0 — температура кипения хладагента, $^{\circ}C$.

Пример. Испаритель может поглощать $12 \text{ Вт}/(m^2 \cdot ^{\circ}C)$, т. е. $k=12 \text{ Вт}/(m^2 \cdot ^{\circ}C)$. Общая площадь поверхности испарителя $F=0,465 \text{ м}^2$. Температура в охлаждаемом пространстве $t_1=7^{\circ}C$ и температура кипения хладагента $t_0=-15^{\circ}C$. Тогда $Q=12 \cdot 0,465[7-(-15)]=5,58 \cdot 22=123 \text{ Вт}$.

Из вышеуказанной формулы видно, как на производительность испарителя влияют коэффициент теплопередачи, площадь поверхности испарителя и разность температур. Если какой-либо из этих факторов увеличивается, то производительность испарителя повышается.

Интенсивность передачи тепла

В затопленном испарителе интенсивность передачи тепла приблизительно на 50 % выше, чем в сухом испарителе. В сухом испарителе хладагент находится в виде тумана (в парообразном состоянии), и поэтому нет такого контакта с трубами, как у жидкого агента в затопленном испарителе. Затопленный испаритель с естественной циркуляцией воздуха имеет коэффициент теплопередачи $17 \text{ Вт}/(m^2 \cdot ^{\circ}C)$, а сухой испаритель $8,5-11,4 \text{ Вт}/(m^2 \cdot ^{\circ}C)$.

Факторы, влияющие на конструкцию испарителя

Любое уменьшение давления в испарителе вызывает снижение производительности. Когда происходит снижение давления всасывания, увеличивается удельный объем пара хладагента, поступающего в компрессор, и уменьшается масса пара хладагента, перекачиваемого компрессором. В связи с этим длина труб испарителя должна быть минимальной. Когда требуются испарители большой производительности, необходимо использовать схему с параллельной подачей хладагента (рис. 110).

При конструировании испарителя следует учитывать также и некоторые другие факторы. Если змеевик испарителя слишком длинный, скорость движения потока парообразного хладагента становится такой низкой, что масло собирается в трубопроводе и не возвращается в компрессор. Единственным способом обеспечения удовлетворительной циркуляции масла является поддержание соответствующей скорости движения потока пара. Теплоотдача трубопровода может быть значительно снижена, если скорость

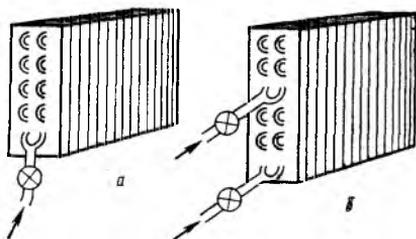


Рис. 110. Схемы испарителей:
а — одноходовая схема; б — многоходовая схема.

движения потока хладагента недостаточна для создания трения о внутренние стенки трубопровода и для удаления масляной пленки. В связи с тем что малое падение давления и высокая скорость движения потока хладагента обратно пропорциональны сопротивлению трубопровода, то при выборе конструкции испарителя следует учитывать все вышеперечисленные факторы.

Падение давления в испарителе приблизительно на 7—14 кПа приемлемо для большинства средне- и высокотемпературных установок. В низкотемпературных установках падение давления в испарителях обычно составляет 4—7 кПа.

Влияние разности температур на осушку воздуха

На работу испарителя в значительной степени влияет температура точки росы воздуха. При охлаждении воздуха температура точки росы соответствует температуре, при которой влага из воздуха начинает конденсироваться.

В связи с тем что физические характеристики всегда определенные для данной установки, основная переменная величина — это разность между температурой охлаждаемой среды и температурой кипения хладагента. Чем ниже температура хладагента по сравнению с температурой воздуха, поступающего в испаритель, тем выше его производительность. Обычно разность температур составляет 8—11 °С. Для обеспечения лучшей экономичности испарителя разность температур должна быть минимальной, так как компрессор работает более эффективно при высоком давлении всасывания.

Количество влаги, сконденсированной из воздуха, находится в прямой зависимости от температуры испарителя. При работе испарителя с большой разностью температур в охлаждаемом пространстве создается низкая влажность. Овощи, мясо, фрукты и другие скоропортящиеся продукты при хранении подвергаются избыточной усушке и порче из-за низкой влажности воздуха. Для скоропортящихся продуктов, требующих при хранении очень высокую относительную влажность (приблизительно 90 %), рекомендуется разность температур 4—7 °С. При несколько более низкой относительной влажности (приблизительно 80 %) нормальной является разность температур 7—9 °С.

Обмерзание испарителя

При обмерзании испарителя происходит значительная потеря тепла. Во-первых, испаритель должен охлаждать воздух до температуры ниже температуры конденсации воды. Влага при конденсации отдает скрытую теплоту. Вода должна быть охлаждена до температуры замерзания. При этой температуре влага при переходе в иней отдает скрытую теплоту плавления. Иней должен быть охлажден до температуры испарителя. Пол-

ный расчет показывает, что при образовании 1 кг инея на поверхности испарителя он поглощает более 2800 кДж тепла. При оттаивании испарителя восстанавливается только небольшая часть тепла, и это подтверждает тот факт, что следует стремиться к минимальному обмерзанию испарителя.

Оттаивание испарителя

На испарителях, работающих при температуре замерзания воды или более низкой, осаждаются лед и иней. Если иней не удалить, циркуляция воздуха через испаритель будет ухудшаться. Периодические циклы оттаивания совершенно необходимы для обеспечения непрерывной работы холодильного аппарата.

Если температура поступающего к испарителю воздуха намного выше 0°C , то оттаивание осуществляется с помощью вентилятора при отключенном компрессоре. Оттаивание проходит в течение заданного времени или до повышения температуры испарителя на несколько градусов выше 0°C .

Для плавления льда в низкотемпературных аппаратах требуется источник тепла. В системах оттаивания электрообогревом используют обогревающий змеевик или стержень, размещенный в испарителе (рис. 111). Существуют системы, в которых испаритель оттаивается орошением водой. Широкое распространение получил способ оттаивания горячими парами хладагента, которые нагнетаются компрессором непосредственно на вход в испаритель, минуя конденсатор. В таких системах тепло сжатия или другой источник тепла используют для цикла оттаивания. Чтобы предотвратить попадание жидкого хладагента в компрессор, должно быть смонтировано защитное устройство, например отделитель жидкости на всасывающем трубопроводе. В других системах может быть применено оттаивание реверсивным циклом, когда поток хладагента реверсируется для временного превращения испарителя в конденсатор до полного завершения оттаивания. В низкотемпературных установках поддон для сбора талой воды следует обогревать с целью предотвращения повторного ее замерзания.

Правила безопасности

Испаритель монтируют на стороне низкого давления установки. Во многих случаях давление на этой стороне ниже атмосферного. При оттаивании испарителя необходимо принять

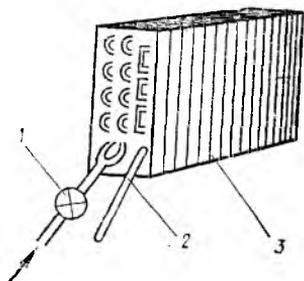


Рис. 111. Электронагреватели системы оттаивания:

- 1 — регулирующий вентиль;
- 2 — электронагревательный элемент;
- 3 — испаритель.

меры предосторожности, чтобы избежать утечки хладагента.

1. При оттаивании испарителя запрещается пользоваться острыми инструментами, которые могут пробить трубу.

2. Запрещается блокировать поток воздуха, обдувающего испаритель, так как иначе можно повредить компрессор.

3. Необходимо быть осторожным, чтобы не погнуть ребра испарителя.

4. При работе вблизи ребристых испарителей необходимо соблюдать осторожность, чтобы избежать серьезных порезов о ребра.

5. Необходимо обеспечить хорошую вентиляцию в процессе работы с растворителями при очистке испарителя.

6. Необходимо обеспечить хорошую вентиляцию при выпуске хладагента из системы.

7. Запрещается нагревать трубопровод хладагента вблизи регулятора потока, если последний не обернут влажным материалом.

8. Запрещается демонтировать какие-либо узлы или приборы при наличии инея на испарителе.

9. Запрещается чистить алюминиевый испаритель каустической содой.

Выводы

Испаритель — это аппарат для абсорбции тепла в холодильную систему.

Двумя основными типами испарителей являются сухой испаритель и затопленный.

Наиболее распространенный тип испарителя — это воздухоохладитель, или испаритель с принудительной циркуляцией воздуха.

Существуют следующие виды испарителей: оребренный, гладкотрубный и листотрубный.

Теплопередача в испарителях происходит двухступенчато: тепло из воздуха поглощается металлом, из которого изготовлен испаритель, и тепло передается через металл хладагенту.

Интенсивность передачи тепла будет низкой, если разность температур невелика.

При естественной циркуляции воздуха количество тепла, передаваемого испарителю, в 4—6 раз больше, чем количество передаваемого тепла при неподвижном воздухе около испарителя.

В испарителе с принудительной циркуляцией воздуха передача тепла более чем в 20 раз превышает величину передачи тепла в испарителе с естественной конвекцией воздуха.

Охлаждение осуществляется хладагентом в испарителе.

Холодопроизводительность испарителя пропорциональна площади его поверхности.

Отношение площади основной поверхности к площади дополнительной — это отношение площади поверхности труб к площади поверхности ребер испарителя.

Металлы используют в качестве проводников тепла, а неметаллы — для изоляции.

Способность металлов проводить тепло выражается коэффициентом теплопроводности, обозначаемым символом λ .

Медь характеризуется наивысшим коэффициентом теплопроводности среди металлов, используемых в холодильной технике.

Формула для определения теплопередачи имеет следующий вид: $Q = kF(t_1 - t_0)$.

В затопленном испарителе передача тепла приблизительно на 50 % выше, чем в сухом испарителе.

При понижении давления в испарителе происходит уменьшение холодопроизводительности.

Когда требуется несколько испарителей большой производительности, необходимо использовать схему параллельной циркуляции хладагента.

Для повышения эффективности работы испарителя и обеспечения возврата масла в компрессор скорость движения потока хладагента должна быть максимальной.

Необходимо предотвратить падение давления в испарителе более чем на 14 кПа.

Количество влаги, конденсируемой из воздуха, обратно пропорционально температуре испарителя.

Для скоропортящихся продуктов, требующих относительную влажность воздуха 90 %, рекомендуется разность температур 4—7 °С.

При обмерзании испарителя происходит значительная потеря тепла.

Циклы оттаивания необходимы в системах, где температура на поверхности испарителя ниже 0 °С.

Существуют следующие способы оттаивания: электрообогрев, орошение водой и горячим паром хладагента.

Контрольные вопросы

1. Почему испаритель является таким важным аппаратом?
2. Дайте определение испарителю.
3. Какие существуют два основных типа испарителей?
4. Какой тип испарителя наиболее эффективен?
5. Чем осуществляется действительное охлаждение в испарителе?
6. Назовите четыре модели исполнений испарителей.
7. Какие две ступени имеют место при передаче тепла в испарителе?
8. Когда передача тепла выше: при большей или меньшей разности температур?
9. Насколько увеличивается передача тепла, если применяется принудительный обдув испарителя по сравнению с работой испарителя в неподвижном воздухе?
10. Что пропорционально холодопроизводительности испарителя?
11. Что означает отношение основной площади поверхности испарителя к дополнительной?
12. Что происходит, если пар хладагента не удаляется из испарителя?
13. Почему для изготовления испарителя используют металлы, а не неметаллы?
14. Напишите формулу определения количества тепла, поглощаемого испарителем.
15. В каком испарителе происходит максимальная передача тепла?
16. Как влияет падение давления кипения хладагента на производительность испарителя?
17. Почему необходимо поддерживать высокую скорость движения потока хладагента в испарителе?
18. Какое падение давления допустимо в высокотемпературном испарителе?
19. Какая характеристика воздуха имеет важное значение при изучении работы испарителя?
20. Что является результатом работы испарителя при высокой разности температур?

21. Что можно использовать для уменьшения слоя инея на испарителе, работающем при температуре ниже 0°C ?

22. Назовите три способа оттаивания испарителя.

23. Каким устройством необходимо пользоваться для предотвращения попадания жидкости в компрессор?

24. Что необходимо для предотвращения замерзания влаги в поддоне для сбора талой воды?

Глава 6. Регуляторы потока хладагента для питания испарителей

В современной холодильной технике и системах кондиционирования воздуха для обеспечения эффективной и экономичной работы установок применяют различные типы регуляторов потока хладагента. В некоторых системах небольшой производительности используют ручные или простые автоматические двухпозиционные регуляторы. Нормальная работа регулятора крайне важна для удовлетворительной работы системы в целом.

Для настройки регулятора на оптимальную производительность или для выявления отдельного недостатка в системе необходимо глубоко понимать функцию, устройство и назначение каждого регулятора потока хладагента.

Назначение

Регулятор потока является одним из наиболее сложных узлов холодильной системы. Он предназначен для регулирования потока жидкого хладагента, поступающего в испаритель. На регулятор потока воздействуют различные факторы, например температура, давление или то и другое вместе, но единственным его назначением является регулирование заполнения испарителя жидким хладагентом.

Соответствующее регулирование потока хладагента важно по следующим причинам:

работа испарителя зависит от оптимального количества жидкого хладагента и схемы его циркуляции по трубам этого аппарата. В результате слишком малого или слишком большого количества хладагента снижается эффективность процесса теплопередачи. Для обеспечения нормальной передачи тепла внутренней поверхности труб испарителя должна полностью смачиваться хладагентом, за исключением последней секции испарителя, которая используется для перегрева образовавшегося пара хладагента;

весь жидкий хладагент должен выкипать в испарителе, иначе он может попасть в компрессор и повредить его клапаны и подшипники. Это явление называется гидравлическим ударом, и его необходимо предотвратить.

Типы регуляторов потока

Существуют семь типов регуляторов потока хладагента: ручной регулирующий вентиль, поплавковый регулятор низкого давления, поплавковый регулятор высокого давления, автоматический барорегулирующий вентиль, терморегулирующий вентиль, капиллярная трубка, термоэлектрический регулирующий вентиль. Ручной регулирующий вентиль, поплавковые регуляторы низкого и высокого давления неэффективны. Поэтому в данной главе мы рассмотрим только автоматический барорегулирующий вентиль, терморегулирующий вентиль, капиллярную трубку и термоэлектрический регулирующий вентиль.

Теория работы регуляторов

Для понимания того, как регулятор потока работает, следует хорошо знать, как изменяется состояние хладагента, проходящего через него (рис. 112, а). Зона слева от кривой 2 характе-

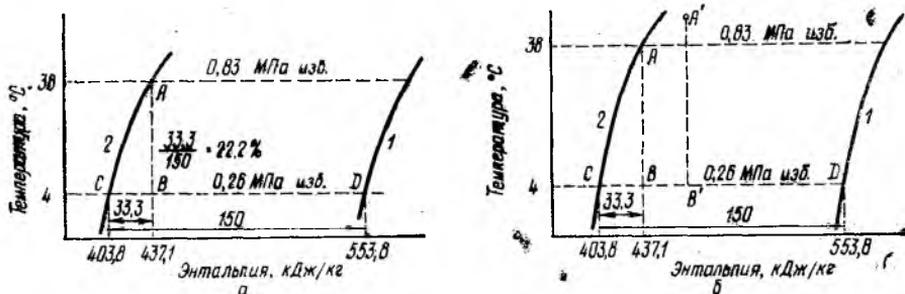


Рис. 112. Изменение параметров хладагента в регуляторе потока:
а — при меньшей степени сжатия; б — при большей степени сжатия.

ризует жидкий хладагент, зона между кривыми 1 и 2 — парожидкостную смесь, а зона справа от кривой 1 — парообразный хладагент.

Жидкий R12 входит в регулятор потока в точке А под давлением 0,83 МПа и при температуре 38 °С. При течении через регулятор давление хладагента понижается до 0,26 МПа, а температура до 4 °С (точка В). При этом создается смесь пара и жидкости. Пар образуется в результате кипения части хладагента за счет тепла остающейся жидкости, температура которой также понижается до 4 °С. Данный пар называется дроссельным. На рис. 112, а показано, каким образом получается 22,2 % дроссельного пара. Кривая 2 является линией насыщенной жидкости, и в точке С весь хладагент находится в жидкой фазе при температуре 4 °С. В этом состоянии каждый килограмм R12 содержит 403,8 кДж. Кривая 1 — линия насыщенного пара, и

в точке D весь хладагент находится в состоянии насыщенного пара при температуре 4°C . В этой точке хладагент содержит $553,8$ кДж.

Для всех практических случаев можно утверждать, что нет понижения или повышения энтальпии хладагента при его течении через регулятор потока. Поэтому 1 кг жидкого хладагента при входе в регулятор потока в точке A и на выходе из него будет содержать $433,1$ кДж. Количество тепла, которое 1 кг хладагента может поглощать между точками C и D , равно 150 кДж. Как показано на рис. 112, a , для охлаждения остающегося жидкого хладагента с 38 до 4°C было израсходовано $33,3$ кДж (линия CB). На рисунке видно, что величина $33,3$ кДж разделена на 150 кДж и в результате получено $22,2\%$. Поэтому $22,2\%$ жидкости выкипело или перешло в дроссельный пар.

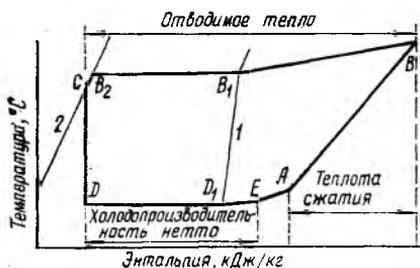


Рис. 113. Холодильный цикл.

В действительности имеется небольшое понижение энтальпии хладагента, так как тепло отбирается от вентиля, трубопроводов хладагента и передается испарителю, распределителю и т. д. Однако эти потери практически незначительны, чтобы принимать их во внимание.

Дроссельный пар образуется в холодильной системе по многим причинам. Рис. 112, b аналогичен рис. 112, a , за исключением линии $A'B'$, которая показывает влияние повышенной степени сжатия на образование дроссельного пара. Принимая, что давление на стороне всасывания остается неизменным, степень сжатия увеличивается с повышением давления нагнетания.

Кривая CB на рис. 112, a характеризует количество дроссельного пара, а кривая CB' — большее количество дроссельного пара, но при более высокой степени сжатия. Поэтому необходимо поддерживать степень сжатия на возможно более низком уровне.

С помощью теории регулирующего устройства мы объясним полный цикл сжатия, конденсации, дросселирования и кипения хладагента.

На диаграмме температура — энтальпия (рис. 113), как и на предыдущих рисунках, зона слева от кривой 2 характеризует жидкий хладагент, зона между кривыми 2 и 1 — парожидкостную смесь, а зона справа от кривой 1 — паробразный хладагент.

Для краткого анализа цикла принимаем, что точка A характеризует всасываемый в компрессор пар. От точки A до точки B пар в компрессоре сжимается. Обратите внимание на то, что

повышается не только температура, но увеличивается также энтальпия пара, что является результатом работы, совершенной при сжатии пара. Это увеличение количества тепла называется теплотой сжатия. От точки B до точки B_1 перегрев пара уменьшается, т. е. он охлаждается до температуры конденсации (точка на кривой насыщенного пара). От точки B_1 до точки B_2 пар конденсируется. От точки B_2 до точки C сконденсированная жидкость переохлаждается в конденсаторе. От точки C до точки D жидкость проходит через регулятор потока. Несмотря на изменение температуры, которое соответствует давлению, и частичное фазовое изменение, энтальпия хладагента остается неизменной.

Рассмотрим процесс поглощения тепла. От точки D до точки D_1 поглощение тепла осуществляется полностью за счет кипения хладагента. Это скрытая теплота, так как результатом является изменение агрегатного состояния хладагента. От точки D_1 до точки E (выход из испарителя) в результате поглощения тепла происходит перегрев пара хладагента. Количество тепла, поглощаемое от точки D до точки E , называется холодопроизводительностью нетто и характеризует действительную работу, совершенную холодильной системой. Небольшое количество тепла поглощается хладагентом (от точки E до точки A) через всасывающий трубопровод, в результате чего пар хладагента дополнительно перегревается.

Этот цикл является основой всех компрессионных холодильных систем. Понимая цикл, можно сделать полный анализ работы любой компрессионной холодильной системы.

Автоматические барорегулирующие вентили

Автоматический барорегулирующий вентиль является предшественником терморегулирующего вентиля (ТРВ). Необходимость экономии энергии, однако, вновь вызвала интерес к этому простому и надежному регулятору.

Автоматический барорегулирующий вентиль называется так потому, что он открывается и закрывается автоматически без помощи какого-либо внешнего механического устройства. Он поддерживает почти постоянным давление хладагента в испарителе и на стороне всасывания системы. В связи с тем что открытие и закрытие автоматического барорегулирующего вентиля зависит от давления хладагента на стороне всасывания системы, этот тип вентиля не компенсирует переменные условия на сторонах высокого или низкого давления системы или колебания в тепловой нагрузке.

Назначение. Автоматический барорегулирующий вентиль является регулятором давления, реагирующим на давление хладагента на выходе вентиля. Его монтируют на входе в испаритель в качестве устройства для регулирования потока хладагента (рис. 114). Вентиль пропускает определенное количество

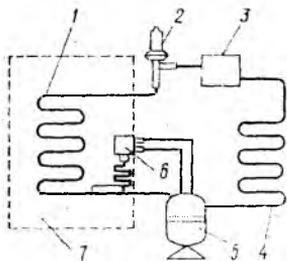


Рис. 114. Расположение автоматического барорегулирующего вентиля: 1 — испаритель; 2 — автоматический барорегулирующий вентиль; 3 — фильтр-осушитель; 4 — конденсатор; 5 — компрессор; 6 — термореле; 7 — охлаждаемая камера.

хладагента для поддержания постоянного давления в испарителе во время работы машины. Этот тип вентиля состоит из мембраны, настроечной пружины, иглы (шарика) и седла (рис. 115). Пружина перемещает мембрану вниз, и вентиль открывается. На другой стороне мембраны давление всасывания (в испарителе) создает противодействующую силу, которая закрывает вентиль. Во время нерабочей части цикла машины вентиль закрыт, так как давление в испарителе повышается и преодолевает давление пружины. Когда машина начинает работать, давление на стороне всасывания быстро понижается. Вентиль открывается, как только давление на стороне всасывания (в испарителе) опустится ниже давления, создаваемого пружиной. Это — точка открытия вентиля. Однако вентиль должен открыться больше, чтобы его производительность соответствовала производительности компрессора при рабочем давлении. В результате работы компрессора давление на стороне всасывания понижается и вентиль продолжает открываться до тех пор, пока жидкий хладагент не будет поступать в змеевик испарителя и кипеть в нем с интенсивностью, равной производительности компрессора. Давление в испарителе стабилизируется, и система работает в сбалансированном рабочем цикле.

Настройка. Автоматические барорегулирующие вентили настраивают вручную. Регулировочный винт увеличивает или уменьшает натяжение пружины над мембраной, в результате чего изменяется точка (давление) начала открытия вентиля. Вентиль может иметь уставку на открытие при заданном давлении в диапазоне работы пружины. Точка срабатывания вентиля несколько ниже точки открытия. Точный дифференциал определяется производительностью компрессора. При изменении давления на выходе

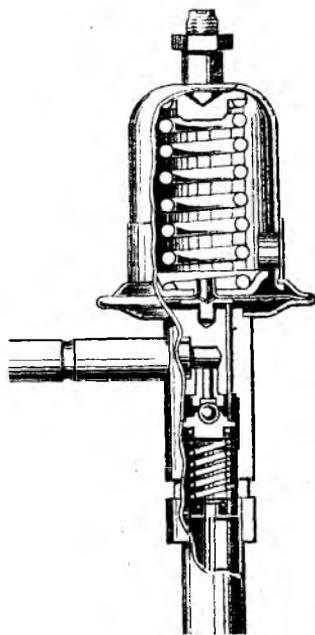


Рис. 115. Автоматический барорегулирующий вентиль.

вентиля на 7 кПа стержень вентиля перемещается примерно на 0,025 мм.

Регулирующий клапан не следует настраивать до тех пор, пока холодильный агрегат не проработает 24—48 ч. К этому времени хладагент и масло соответствующим образом распределяются в системе и испаритель будет холодным. При настройке необходимо повернуть регулировочный винт на четверть оборота и следующий такой поворот винта сделать только через 15 мин. При проверке работы регулирующего клапана холодильный агрегат должен работать непрерывно.

Эксплуатационные возможности клапана. В связи со способностью автоматических барорегулирующих клапанов регулировать давление они обладают рядом эксплуатационных возможностей, которые очень полезны при работе холодильной машины.

Защита испарителя от обмерзания. Применение автоматических барорегулирующих клапанов исключает опасность нарастания инея и льда на змеевике испарителя и предотвращает замерзание, например, воды в водоохладителе. В кондиционере осаждается определенное количество инея, которое замедляет циркуляцию воздуха через змеевик испарителя и в значительной степени снижает производительность, если кондиционер не защищен в период малой нагрузки.

Автоматические барорегулирующие клапаны поддерживают постоянное давление на стороне всасывания, в результате чего обеспечивается постоянное давление в испарителе. Когда клапан отрегулирован на температуру в испарителе, которая несколько выше температуры замерзания воды, исключается возможность нарастания инея независимо от температуры окружающей среды, тепловой нагрузки или продолжительности работы агрегата.

Другими установками, требующими подобную защиту, являются охладители питьевой воды, охлаждаемые прилавки для продажи газированной воды, баки для проявления фотопленки и различные промышленные охладители жидкости.

Регулирование относительной влажности. Когда клапан отрегулирован на температуру несколько выше температуры замерзания воды, не только предотвращается образование слоя инея, но и поддерживается низкая температура в испарителе, требуемая для максимального удаления влаги, т. е. обеспечивается регулирование влажности кондиционируемого воздуха. Регулирование влажности важно при кондиционировании воздуха для создания комфортных условий.

Защита электродвигателя от перегрузки. Точное регулирование давления на стороне всасывания, обеспечиваемое автоматическим барорегулирующим клапаном, полностью исключает возможность потребления избыточной мощности электродвигателем привода холодильного агрегата. Элект-

родвигатели нуждаются в такой защите при высокой тепловой нагрузке. При наличии автоматических барорегулирующих вентилей давление на стороне всасывания поддерживается на постоянном уровне и не изменяется при колебаниях тепловой нагрузки. В связи с этим нет колебаний в потребляемой мощности. Потребляемая мощность компрессорно-конденсаторного агрегата также поддерживается автоматически в безопасных пределах, зависящих от электропроводки к агрегату.

Когда используются барорегулирующие вентили для регулирования потока хладагента, можно применять более дешевые электродвигатели и проводку. Мощность двигателя выбирают на основе нагрузки при нормальной температуре окружающей среды. Экстремальные условия окружающей среды не влияют на работу агрегата, так как давление в испарителе поддерживается практически постоянным. Нет необходимости в резервной мощности двигателя. Таким же образом можно снизить до минимума площадь поверхности конденсатора.

Улучшение условий эксплуатации. Применение автоматических барорегулирующих вентилей упрощает обслуживание холодильных агрегатов и установок кондиционирования воздуха. Заводы-изготовители в установках кондиционирования воздуха обычно используют вентили с заданной уставкой. Вентили настраивают и пломбируют при идеальных рабочих условиях для эксплуатации определенного агрегата с температурой кипения хладагента выше температуры замерзания воды. В результате исключаются обычные в условиях эксплуатации недостатки, например закупоривание капиллярной трубки.

Зарядка систем кондиционирования воздуха, оборудованных барорегулирующими вентилями, хладагентом значительно упрощается по сравнению с зарядкой систем с капиллярными трубками, так как в этих системах необходимо регулировать заполнение хладагентом в зависимости от температуры окружающей среды. Зарядка системы с капиллярной трубкой избыточным количеством хладагента приводит к возникновению эксплуатационных трудностей при повышении температуры окружающей среды.

Если система с регулирующим вентиляем имеет избыточную зарядку, то вентиль во время рабочей части цикла автоматически регулирует поток хладагента. Этим обеспечивается соответствующее питание испарителя. Избыточное количество хладагента остается на дне конденсатора. Колебания температуры окружающей среды мало влияют на работу системы, оборудованной автоматическими барорегулирующими вентилями.

Высокая производительность регулятора небольшого размера. Размеры регулирующего вентиля уменьшены до такой степени, что небольшой регулятор обеспечивает значительную холодопроизводительность. Корпуса вентилей, изготавливаемых в настоящее время из пруткового проката,

отличаются от громоздких кованых корпусов, выпускавшихся ранее. Самые современные вентили относятся к перепускному типу, причем перепускная щель в значительной мере повышает производительность вентиля. К другим положительным характеристикам вентиля небольшого размера относятся улучшенная схема потока через него, меньшая по размеру, но усовершенствованная мембрана вентиля и использование серебряного припоя.

Оптимальный вентиль для водоохладителей. В водоохладителях автоматические барорегулирующие вентили имеют уставку на минимальную температуру воды. В то же время вентиль обеспечивает абсолютную защиту воды от замерзания в охладителе, так как вентиль поддерживает постоянное заданное давление и температуру в испарителе. Вентиль всегда отрегулирован на поддержание температуры хладагента выше 0°C . Этим предотвращается также замерзание влаги в отверстии вентиля.

Идеальный вентиль для электродвигателей с низким пусковым моментом. Перепускной вентиль используют в компрессорно-конденсаторном агрегате, имеющем двигатель с расщепленной фазой или с низким пусковым моментом. Этот регулирующий вентиль позволяет осуществлять разгрузку во время нерабочей части цикла со стороны высокого давления на сторону низкого давления. Во время рабочей части цикла проявляются все преимущества автоматического барорегулирующего вентиля.

Байпасный вентиль малой производительности. Автоматические барорегулирующие вентили применяют в качестве регуляторов давления на сторонах нагнетания и всасывания. Вентиль, монтируемый в качестве байпасного, реагирует на давление на выходе и открывается, когда давление на стороне всасывания понижается до уставки вентиля. Давление на стороне всасывания поддерживается на требуемом минимуме при эффективном снижении производительности машины.

Постоянное давление на стороне всасывания. Интенсивность потока хладагента к испарителю поддерживается автоматическим барорегулирующим вентилем эквивалентно производительности компрессора. Автоматический барорегулирующий вентиль открывается и остается открытым, поддерживая на стороне всасывания постоянное давление во время рабочей части цикла охлаждения, когда поток хладагента точно соответствует производительности компрессора. В холодильной системе с автоматическим барорегулирующим вентилем баланс поэтому находится между регулирующим вентилем и компрессорно-конденсаторным агрегатом. В связи с тем что автоматический барорегулирующий вентиль является разностным регулятором, дифференциал между точками открытия и срабатывания автоматически устанавливается работающим компрессором. Этот

дифференциал обеспечивает требуемую работу вентиля с тем, чтобы интенсивность потока хладагента соответствовала производительности компрессора.

Автоматические барорегулирующие клапаны идеально пригодны в тех случаях, когда необходимо регулировать температуру в испарителе.

Перепускные клапаны для разгрузки во время нерабочей части цикла. При использовании двигателя с расщепленной фазой и других двигателей с низким пусковым моментом необходима разгрузка системы со стороны высокого давления на сторону низкого давления во время нерабочей части цикла. Это возможно создать с помощью регулирующего клапана.

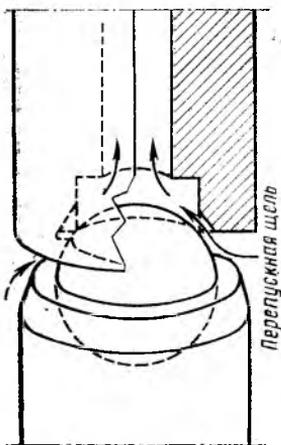


Рис. 116. Клапан автоматического барорегулирующего вентиля с перепускной щелью.

Перепускные клапаны позволяют создать условия, чтобы давления в холодильной системе уравнились или были близки между собой во время нерабочей части цикла. В начале рабочей части следующего цикла двигатель включается практически без нагрузки.

Перепускной клапан является стандартным автоматическим регулирующим клапаном с дополнительной небольшой щелью в седле для предотвращения полного закрытия клапана в конце рабочей части цикла машины. В связи с наличием перепускной щели клапан не закрывается полностью, когда агрегат перестает работать, и позволяет хладагенту продолжать течь с низкой скоростью (рис. 116). Щель в клапане увеличивает

его общую производительность. Небольшие отверстия в седле повышают производительность клапана из-за протока хладагента через них. Большие перепускные щели постоянно открыты для прохода хладагента при понижении давления в клапане. Щели обеспечивают определенную производительность в зависимости от их размера, плотности жидкости и существующего перепада давлений.

Необходимо выбирать регулирующий клапан соответствующего размера. Клапан должен иметь минимальную по размеру перепускную щель для обеспечения разгрузки (уравнивания давлений) при минимальной длительности нерабочей части цикла. Это очень важно потому, что перепускные щели не должны мешать нормальной работе клапана во время рабочей части цикла. Клапан с большей щелью в установке с относительно малым компрессорно-конденсаторным агрегатом может быть причиной неполадок при низкой температуре всасывания

из-за несоответствия потока хладагента через перепускную щель производительности машины.

Для того чтобы быть уверенным, что перепускная щель не слишком большого размера, необходимо повернуть регулирующий шток на более низкую уставку, чем та, при которой система работает нормально. Следует включить агрегат и проверить манометром давление на стороне всасывания. Если давление всасывания опускается до уставки вентиля или, по крайней мере, до точки ниже нормального рабочего давления, то можно быть уверенным, что перепускная щель не будет препятствовать нормальной работе машины.

Скорость разгрузки во время нерабочей части цикла является особенно важным фактором, когда машина должна включиться после относительно короткой нерабочей части цикла. Чем больше перепускная щель, тем больше начальный перепад давлений в вентиле и тем выше скорость разгрузки.

Влияние высоты над уровнем моря на уставку вентиля. Автоматические барорегулирующие вентили сконструированы таким образом, чтобы атмосферное давление действовало со стороны регулирующей пружины. Пружина и атмосферное давление перемещают клапан вентиля в сторону открытия. Значительное изменение высоты над уровнем моря влияет на настройку вентиля и изменяет давление, поддерживаемое им на стороне всасывания.

Автоматические барорегулирующие вентили в качестве байпасных вентилях. Автоматические барорегулирующие вентили реагируют на давление за вентилем. Когда давление понижается до уставки открытия вентиля, регулирующая пружина над мембраной перемещается в сторону открытия вентиля. Поэтому такие вентили используют также в качестве байпасных.

При установке между сторонами высокого и низкого давлений байпасный ventиль открывается при заданном давлении всасывания и перепускает нагнетаемый пар высокого давления на сторону всасывания системы. При этом производительность компрессора будет отрегулирована таким образом, чтобы предотвратить понижение температуры в испарителе ниже заданной величины. Кроме регулирования производительности регулирующий ventиль при использовании в качестве байпасного вентиля горячего пара может служить прибором защиты от замерзания независимо от типа регулятора потока на трубопроводе подачи хладагента к испарителю (рис. 117).

Факторы, влияющие на производительность вентиля. На производительность автоматического барорегулирующего вентиля влияют следующие факторы: размер отверстия в клапане; ход иглы клапана; перепад давлений в вентиле; применяемый хладагент; температура или давление конденсации; размер перепускной щели; температура или давление кипения; переохлаждение жидкого хладагента.

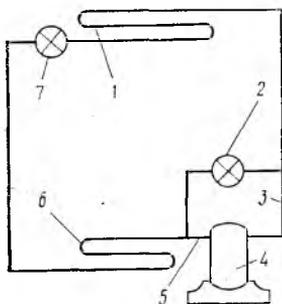


Рис. 117. Автоматический барорегулирующий вентиль в качестве байпасного вентиля:

1 — испаритель; 2 — автоматический барорегулирующий вентиль; 3 — всасывающий трубопровод; 4 — компрессор; 5 — нагнетательный трубопровод; 6 — конденсатор; 7 — регулятор потока хладагента.

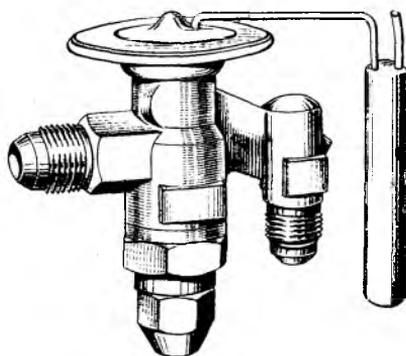


Рис. 118. Терморегулирующий вентиль.

Терморегулирующие вентили

Терморегулирующий вентиль (ТРВ) — это наиболее распространенное устройство для регулирования потока жидкого хладагента в испаритель (рис. 118). Интенсивность потока зависит от величины зазора между игольчатым клапаном и седлом.

Назначение. Терморегулирующий вентиль является точным прибором, предназначенным для регулирования подачи хладагента в испаритель в соответствии с интенсивностью кипения жидкого хладагента в испарителе. Этим предотвращается попадание жидкого хладагента в компрессор. Терморегулирующий вентиль регулирует поток хладагента в зависимости от температуры парообразного хладагента на выходе из испарителя и от давления в испарителе. Пар считается перегретым, когда его температура выше температуры насыщения при данном давлении.

Рассмотрим случай, когда испаритель работает на R12 при давлении всасывания 0,25 МПа (рис. 119). Температура насыщения R12 при 0,25 МПа равна 4 °С. До тех пор пока при этом давлении хладагент находится в жидком состоянии, температура его будет оставаться 4 °С.

При движении хладагента в испарителе жидкость превращается в пар и количество ее уменьшается. На рис. 119 в предпоследней трубке испарителя вся жидкость уже испарилась в результате поглощения некоторого количества тепла из окружающей среды, которое равно скрытой теплоте парообразо-

вания хладагента. Пар хладагента продолжает свое движение в испарителе и имеет то же давление (0,25 МПа). Однако температура пара повышается из-за продолжающегося поглощения тепла из окружающей среды. Когда пар достигнет конца испарителя, его температура будет равна 10 °С, следовательно, он находится в перегретом состоянии, и величина перегрева равна 10 °С минус 4 °С, т. е. 6 °С. Величина перегрева пара является функцией количества хладагента, подаваемого в испаритель, и нагрузки на испаритель.

Работа терморегулирующего вентиля. Следующие три силы управляют работой терморегулирующего вентиля (рис. 120): давление, создаваемое дистанционным термобаллоном и силовой системой, давление в испарителе, эквивалентное давлению пружины регулирования перегрева.

Дистанционный термобаллон и силовая система представляют собой замкнутую схему, и в дальнейшем будем считать, что в дистанционном термобаллоне и в силовой системе тот же хладагент, что и в холодильной системе в целом. Давление в дистанционном термобаллоне и силовой системе P_1 соответствует давлению насыщения при данной температуре хладагента на выходе из испарителя и перемещает клапан вентиля в сторону открытия. В противоположность этому снизу на мембрану и в направлении закрытия действует сила, создаваемая давлением в испарителе P_2 совместно с давлением пружины регулирования перегрева P_3 . Механизм вентиля находится в равновесном состоянии, когда $P_1 = P_2 + P_3$. Пар становится перегретым, когда его температуры на выходе из испарителя выше температуры насыщения. Создаваемое таким образом давление в дистанционном термобаллоне и силовой системе становится больше суммарного давления в испарителе и пружины настройки перегрева, и клапан вентиля перемещается в сторону открытия. При умень-

Рис. 120. Давления, действующие в терморегулирующем вентиле:

1 — мембрана; 2 — выход хладагента; 3 — вход хладагента; P_1 — давление в дистанционном термобаллоне и силовой системе; P_2 — давление в испарителе; P_3 — давление пружины настройки перегрева.

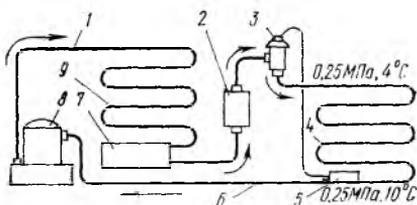


Рис. 119. Принципиальная схема холодильной системы:

1 — нагнетательный трубопровод; 2 — фильтр-осушитель; 3 — терморегулирующий вентиль с внутренним уравновешиванием; 4 — испаритель; 5 — дистанционный термобаллон ТРВ; 6 — всасывающий трубопровод; 7 — ресивер; 8 — компрессор; 9 — конденсатор.

шении температуры пара хладагента на выходе из испарителя давление в дистанционном термобаллоне и силовой системе также понижается и суммарное давление в испарителе и пружины регулирования перегрева перемещает клапан вентиля в сторону закрытия.

Заводская уставка перегрева терморегулирующих вентиляей сделана таким образом, что клапан вентиля только немного отходит от седла. Эти вентили сконструированы так, что повышения перегрева пара хладагента на выходе из испарителя на $2,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ по сравнению с заводской уставкой достаточно для полного открытия клапана вентиля. Например, если заводская уставка перегрева равна $5,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, рабочий перегрев при открытом

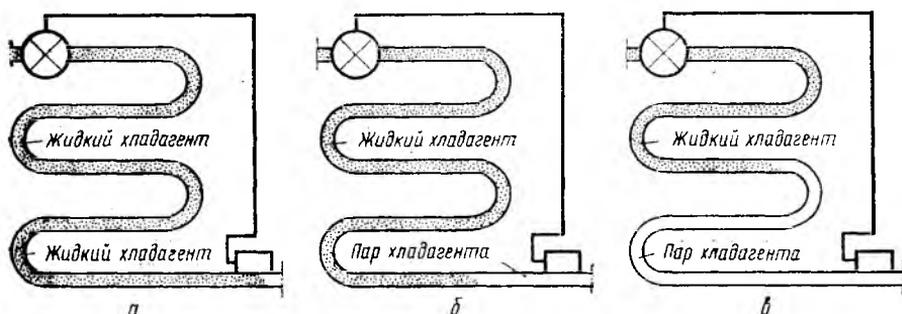


Рис. 121. Влияние уставки перегрева ТРВ на производительность испарителя: а — слишком низкая уставка перегрева; б — нормальная уставка перегрева; в — слишком большая уставка перегрева.

положении (полная расчетная производительность вентиля) равен $7,7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Если система работает при меньшей тепловой нагрузке с пониженной на 50 % производительностью компрессора, то вентиль срабатывает при перегреве около $6,6\text{ }^{\circ}\text{C}$.

При повышении уставки рабочего перегрева производительность испарителя понижается, так как требуется ббльшая площадь поверхности испарителя для обеспечения перегрева, необходимого для открытия вентиля (рис. 121). Очевидно, что очень важно правильно отрегулировать рабочий перегрев. Для уменьшения первоначальной стоимости испарителя и эксплуатационных расходов необходимо, чтобы минимальное изменение перегрева приводило к полному открытию клапана вентиля. Точная регулировка потока хладагента в испарителе обеспечивает его максимальную производительность при любой нагрузке.

Настройка. Каждый терморегулирующий вентиль до отправки с завода должен быть настроен. В большинстве случаев заводская уставка не требует дополнительного регулирования. Если назначение системы или рабочие условия изменились, то

установка вентиля должна быть другой и его можно отрегулировать для обеспечения необходимого перегрева.

Некоторые терморегулирующие вентили относятся к нерегулируемому типу. Эти вентили отрегулированы на перегрев, который определяется лабораторными испытаниями и не может быть изменен в производственных условиях.

Большинство нерегулируемых вентилях являются модификациями стандартных регулируемых вентилях. Для этого в регулируемых вентилях вместо штуцера с регулировочным штоком и уплотнительной заглушкой используют глухой штуцер (рис. 122). Имеются специальные наборы штуцеров для переделки нерегулируемых вентилях в регулируемые. Однако это редко требуется.

Определение перегрева.

Производительность ТРВ нельзя правильно проанализировать, измеряя давление всасывания и наблюдая за обмерзанием всасывающего трубопровода. Для определения, правильно ли работает ТРВ, необходимо измерить перегрев. Уставку перегрева определяют следующим образом. Измеряют температуру всасывающего трубопровода в точке крепления термобаллона. Измеряют давление во всасывающем трубопроводе в точке расположения термобаллона одним из следующих способов:

если вентиль имеет внешнее уравнивание, манометр на внешней уравнивательной линии непосредственно и точно указывает давление;

проверить давление у всасывающего вентиля компрессора. К величине этого давления необходимо прибавить величину перепада давлений во всасывающем трубопроводе между точкой расположения термобаллона и всасывающим вентилем компрессора. Сумма показания манометра и вычисленного перепада давлений приблизительно равна давлению в трубопроводе в точке расположения термобаллона.

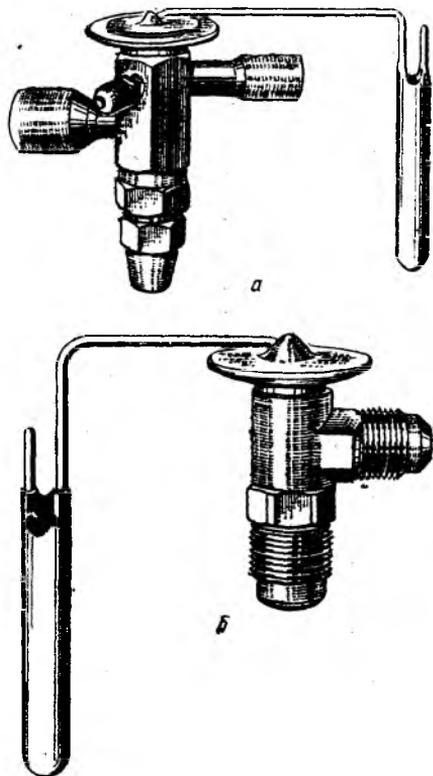


Рис. 122. Терморегулирующие вентили:

а — регулируемый; б — нерегулируемый.

Таблица 6. Соотношение между температурой и давлением хладагентов в состоянии насыщения

Температура, °C	Давление абсолютное, 10 ⁵ Па					
	R12	R22	R500	R502	R13	R717
-100	—	0,0199	—	—	0,3331	—
-99	—	0,0218	—	—	0,3562	—
-98	—	0,0239	—	—	0,3806	—
-97	—	0,0262	—	—	0,4063	—
-96	—	0,0286	—	—	0,4334	—
-95	—	0,0313	—	—	0,4619	—
-94	—	0,0341	—	—	0,4919	—
-93	—	0,0372	—	—	0,5234	—
-92	—	0,0405	—	—	0,5564	—
-91	—	0,044	—	—	0,5912	—
-90	—	0,0478	—	—	0,6276	—
-89	—	0,0519	—	—	0,6657	—
-88	—	0,0563	—	—	0,07057	—
-87	—	0,0609	—	—	0,7475	—
-86	—	0,0659	—	—	0,7912	—
-85	—	0,0712	—	0,1012	0,8369	—
-84	—	0,0768	—	0,1094	0,08846	—
-83	—	0,0829	—	0,1173	0,9345	—
-82	—	0,0893	—	0,1258	0,9865	—
-81	—	0,0961	—	0,1346	1,041	—
-80	—	0,1034	—	0,1462	1,097	—
-79	—	0,1111	—	0,1563	1,156	—
-78	—	0,1193	—	0,1671	1,217	—
-77	—	0,128	—	0,1783	1,281	0,06427
-76	—	0,1372	—	0,1874	1,347	0,06952
-75	0,0879	0,1469	—	0,2028	1,416	0,07513
-74	0,094	0,1572	—	0,2162	1,498	0,08113
-73	0,1006	0,1682	—	0,2302	1,562	0,08753
-72	0,1075	0,1796	—	0,2449	1,639	0,9436
-71	0,1148	0,1917	—	0,2604	1,719	0,10164
-70	0,1226	0,2045	—	0,2767	1,802	0,10938
-69	0,1307	0,218	—	0,2938	1,898	0,11763
-68	0,1393	0,2322	—	0,3117	1,978	0,12639
-67	0,1484	0,2471	—	0,3305	2,07	0,1357
-66	0,1579	0,2629	—	0,3502	2,165	0,14559
-65	0,1679	0,2794	—	0,371	2,264	0,15608
-64	0,1785	0,2968	—	0,3927	2,366	0,1672
-63	0,1897	0,315	—	0,4154	2,472	0,17898
-62	0,2012	0,3341	—	0,4391	2,581	0,19145
-61	0,2134	0,3541	—	0,4639	2,694	0,20464
-60	0,2262	0,3752	—	0,4899	2,81	0,21859
-59	0,2396	0,3972	—	0,517	2,93	0,23333
-58	0,2537	0,4202	—	0,5452	3,054	0,2489
-57	0,2634	0,4443	—	0,5747	3,182	0,26533
-56	0,2838	0,4695	—	0,6055	3,314	0,28265
-55	0,2999	0,4958	—	0,6376	3,45	0,30091
-54	0,3168	0,5234	—	0,671	3,59	0,32014
-53	0,3344	0,5521	—	0,7058	3,734	0,34038
-52	0,3527	0,5821	—	0,7421	3,893	0,36168
-51	0,3719	0,6134	—	0,7798	4,036	0,38408
-50	0,3919	0,6459	0,46	0,819	4,193	0,40762
-49	0,4127	0,6799	0,49	0,8597	4,365	0,43234

Температура, °С	Давление абсолютное, 10 ⁵ Па					
	R12	R22	R500	R502	R13	R717
-48	0,4345	0,7152	0,52	0,9021	4,521	0,45829
-47	0,4571	0,752	0,55	0,946	4,692	0,48551
-46	0,4806	0,7903	0,58	0,9916	4,868	0,51406
-45	0,5051	0,8302	0,61	1,039	5,049	0,54398
-44	0,5306	0,8715	0,64	1,0881	5,234	0,57532
-43	0,5571	0,9145	0,67	1,1391	5,425	0,60813
-42	0,5847	0,9592	0,7	1,1919	5,621	0,64246
-41	0,6133	1,006	0,73	1,2465	5,822	0,67837
-40	0,643	1,054	0,76	1,3032	6,028	0,71591
-39	0,6738	1,104	0,8	1,3617	6,239	0,75513
-38	0,7057	1,155	0,84	1,4224	6,456	0,7961
-37	0,7389	1,209	0,89	1,4851	6,679	0,83886
-36	0,7732	1,265	0,93	1,55	6,907	0,88348
-35	0,8088	1,322	0,97	1,617	7,141	0,93002
-34	0,8457	1,382	1,01	1,6863	7,38	0,97853
-33	0,8839	1,443	1,05	1,7578	7,626	1,0291
-32	0,9234	1,507	1,1	1,8317	7,877	1,0817
-31	0,9643	1,573	1,14	1,9079	8,134	1,1365
-30	1,006	1,641	1,18	1,9866	8,398	1,1936
-29	1,05	1,712	1,24	2,0678	8,668	1,2529
-28	1,095	1,784	1,3	2,1514	8,954	1,3146
-27	1,142	1,86	1,36	2,2377	9,226	1,3787
-26	1,19	1,937	1,42	2,3266	9,515	1,4453
-25	1,24	2,017	1,48	2,4182	9,811	1,5145
-24	1,291	2,1	1,53	2,5124	10,11	1,5863
-23	1,344	2,185	1,59	2,6095	10,42	1,6609
-22	1,399	2,273	1,65	2,7094	10,74	1,7382
-21	1,455	2,363	1,71	2,8122	11,06	1,8184
-20	1,513	2,456	1,77	2,918	11,39	1,9015
-19	1,573	2,552	1,85	3,0268	11,78	1,9876
-18	1,634	2,651	1,93	3,1386	12,07	2,0767
-17	1,698	2,753	2,01	3,2534	12,43	2,1691
-16	1,763	2,858	2,09	3,3715	12,78	2,2647
-15	1,83	2,966	2,17	3,4928	13,15	2,3636
-14	1,899	3,076	2,25	3,6173	13,53	2,4659
-13	1,96	3,19	2,33	3,7452	13,91	2,5716
-12	1,044	3,308	2,41	3,8764	14,3	2,681
-11	2,119	3,428	2,49	4,0112	14,7	2,7939
-10	2,196	3,552	2,57	4,1493	15,11	2,9106
-9	2,275	3,679	2,68	4,291	15,52	3,0312
-8	2,357	3,809	2,78	4,4364	15,95	3,1556
-7	2,44	3,949	2,89	4,5853	16,38	3,284
-6	2,526	4,081	2,99	4,7361	16,82	3,4164
-5	2,614	4,222	3,1	4,8945	17,27	3,5531
-4	2,705	4,367	3,2	5,0549	17,73	3,6939
-3	2,798	4,515	3,31	5,2191	18,2	3,8391
-2	2,893	4,667	3,41	5,3873	18,67	3,9888
-1	2,99	4,823	3,62	5,5694	19,16	4,1429
0	3,091	4,983	3,62	5,7358	19,66	5,3017
1	3,193	5,147	3,76	5,9161	20,16	4,4652
2	3,298	5,315	3,89	6,0007	20,58	4,6334
3	3,406	5,487	4,03	6,2994	21,2	4,8066

Температура, °C	Давление абсолютное, 10 ⁵ Па					
	R12	R22	R500	R502	R13	R717
4	3,516	5,663	4,16	6,4826	21,74	4,9847
5	3,629	5,844	4,3	6,5639	22,28	5,1679
6	3,745	6,026	4,44	6,882	22,84	5,3563
7	3,863	6,217	4,57	6,0884	23,4	5,5499
8	3,984	6,411	4,71	7,2602	23,98	5,7489
9	3,108	6,608	4,84	7,515	24,57	5,9534
10	4,235	6,811	4,98	7,7352	25,16	6,1635
11	4,365	7,018	5,15	7,9603	25,77	6,3792
12	4,497	7,229	5,32	8,1901	26,39	6,6007
13	4,633	7,445	5,49	8,4248	27,02	6,8289
14	4,772	7,667	5,66	8,6644	27,67	7,0613
15	4,913	7,892	5,83	8,9091	28,32	7,3007
16	5,058	8,123	5,99	9,1588	28,99	7,5462
17	5,206	8,359	6,16	9,4136	29,67	7,798
18	5,357	8,6	6,33	9,6737	30,36	8,0562
19	5,511	8,846	6,5	9,939	31,06	8,3209
20	5,689	9,097	6,67	10,2097	31,78	8,5922
21	5,83	9,353	6,88	10,4857	32,51	8,8071
22	5,994	9,615	7,09	10,7673	33,25	9,1548
23	6,162	9,882	7,3	11,0544	34,01	9,4465
24	6,333	10,154	7,51	11,3471	34,78	9,7452
25	6,508	10,432	7,72	11,6455	35,56	10,051
26	6,686	10,716	7,93	11,9496	36,36	10,364
27	6,868	11,005	8,14	12,2697	37,17	10,684
28	7,053	11,3	8,35	12,5756	37,99	11,012
29	7,242	11,601	8,56	12,8976	—	11,347
30	7,435	11,908	8,77	13,2256	—	11,69
31	7,631	12,221	9,03	13,5597	—	12,041
32	7,882	12,539	9,28	13,9	—	12,4
33	8,036	12,864	9,54	14,2467	—	12,767
34	8,244	13,196	9,8	14,5997	—	13,141
35	8,456	13,532	10,06	14,9592	—	13,525
36	8,672	13,876	10,31	15,3253	—	13,916
37	8,892	14,226	10,57	15,5979	—	14,316
38	9,116	14,582	10,83	16,0774	—	14,316
39	9,344	14,945	11,08	16,4835	—	15,141
40	9,577	15,315	11,34	16,8567	—	15,567
41	9,814	15,691	11,65	17,2567	—	16,002
42	10,05	16,074	11,96	17,6639	—	16,446
43	10,3	16,464	12,26	18,0782	—	16,899
44	10,56	16,862	12,57	18,4998	—	17,362
45	10,8	17,266	12,88	18,9287	—	17,834
46	11,06	17,677	13,19	19,3651	—	18,315
47	11,33	18,085	13,5	19,809	—	18,806
48	11,69	18,521	13,8	20,2606	—	19,307
49	11,87	18,954	14,11	20,7199	—	19,818
50	12,14	19,395	14,42	21,1871	—	20,338
51	12,43	19,843	14,79	21,55	—	20,869
52	12,71	20,299	15,15	22,03	—	21,411
53	13	20,763	15,52	22,51	—	21,962
54	13,3	21,235	15,89	22,3	—	22,525
55	13,6	21,714	16,26	23,3	—	23,098

Температура, °C	Давление абсолютное, 10 ⁵ Па					
	R12	R22	R500	R502	R13	R717
56	13,91	22,202	16,62	23,62	—	23,681
57	14,22	22,698	17,98	24,3	—	24,276
58	14,54	23,202	27,36	24,8	—	24,882
59	14,86	23,715	17,72	25,4	—	25,499
60	15,19	24,236	18,09	26	—	26,127

По давлению определяют температуру насыщения, используя табл. 6.

Из температуры насыщения вычитают температуру во всасывающем трубопроводе у термобаллона ТРВ. Полученная разность является величиной перегрева.

На рис. 123 показан пример измерения перегрева в установке кондиционирования воздуха, работающей на R12. Температура во всасывающем трубопроводе в месте расположения термобаллона 10 °С. Давление всасывания на входе в компрессор 0,236 МПа, а перепад давления во всасывающем трубопроводе 0,014 МПа. Давление в испарителе составляет $0,236 + 0,014 = 0,25$ МПа, что эквивалентно температуре насыщения 4 °С. Значение 4 °С, вычитаемое из 10 °С, равно уставке перегрева 6 °С.

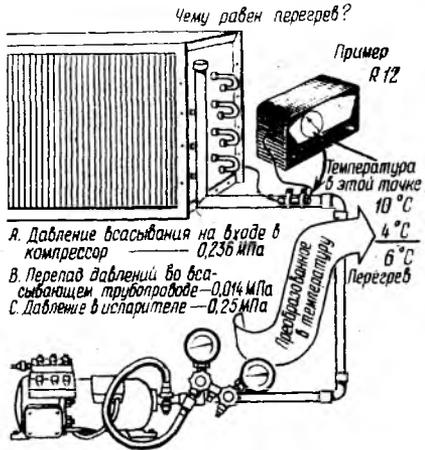


Рис. 123. Определение перегрева.

Обратите внимание на то, что разность между температурой на входе в испаритель и температурой на его выходе не является точной величиной перегрева. Любой перепад давления в испарителе приводит к ошибке при определении величины перегрева.

Изменение уставки перегрева. Для уменьшения уставки перегрева необходимо повернуть регулировочный шток вентиля против часовой стрелки. При повышении уставки перегрева шток следует повернуть по часовой стрелке. Регулируя величину перегрева, необходимо повернуть шток не более чем на один оборот. Затем проверяют изменение перегрева, чтобы не превысить требуемую величину. После регулирования установка выходит на режим через 30 мин.

Правильная уставка перегрева зависит от величины разности между температурами воздуха и хладагента или другой охлаждаемой среды. При значительной разности температур, например в установках кондиционирования воздуха, уставка может быть $8,2^{\circ}\text{C}$ без заметного снижения производительности испарителя. При малой разности температур, когда например, используется низкотемпературный воздухоохладитель, для обеспечения его максимальной производительности рекомендуется уставка перегрева $5,5^{\circ}\text{C}$ или ниже.

Необходимо учитывать рекомендации изготовителя при регулировании вентиля в оборудовании заводской сборки. Некоторые предприятия-изготовители указывают точную величину перегрева, другие рекомендуют настраивать вентиль для обеспечения необходимого давления всасывания при заданных рабочих условиях или до образования слоя инея на определенном участке трубопровода.

Расположение и монтаж термобаллона. Правильное расположение дистанционного термобаллона вентиля является крайне важным фактором и в некоторых случаях предопределяет успешную работу холодильной установки. Для удовлетворительной работы регулирующего вентиля необходимо обеспечить хороший тепловой контакт между термобаллоном и всасывающим трубопроводом. Термобаллон должен быть прочно закреплен на чистом, прямолинейном отрезке всасывающего трубопровода посредством двух хомутов.

Монтаж термобаллона на горизонтальном всасывающем трубопроводе наиболее предпочтителен. Однако, если нельзя избежать монтажа на вертикальном трубопроводе, термобаллон следует установить таким образом, чтобы капиллярная трубка была сверху, как это указано на рис. 124, а.

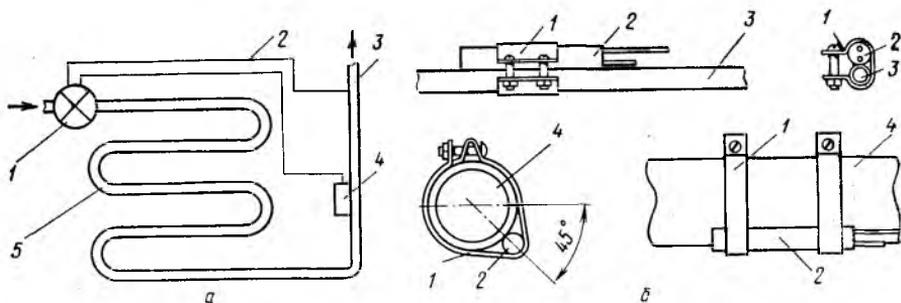


Рис. 124. Монтаж термобаллона ТРВ:

а — на вертикальном трубопроводе: 1 — ТРВ, 2 — линия внешнего уравнивания, 3 — всасывающий трубопровод, 4 — термобаллон ТРВ, 5 — испаритель; б — на горизонтальном трубопроводе: 1 — хомут, 2 — термобаллон ТРВ, 3 — всасывающий трубопровод малого диаметра; 4 — всасывающий трубопровод большого диаметра.

При монтаже необходимо тщательно зачистить всасывающий трубопровод до закрепления дистанционного термобаллона. Если всасывающий трубопровод стальной, то рекомендуется покрасить его алюминиевой краской для снижения до минимума возможной коррозии и неудовлетворительного контакта дистанционного термобаллона с трубопроводом. На трубопроводах с внешним диаметром менее 22 мм дистанционный термобаллон можно монтировать сверху, а на трубопроводах с внешним диаметром свыше 22 мм — сбоку и внизу под углом 45° к горизонтали (рис. 124, б).

После монтажа на трубопроводе при необходимости защиты дистанционного термобаллона от воздействия воздушного потока его рекомендуется изолировать пористой резиной, которая не абсорбирует воду при температуре в испарителе выше 0°C . При более низкой температуре для предотвращения льдообразования на термобаллоне следует использовать пробку или другой теплоизоляционный материал. Для изоляции не рекомендуется применять фетр. Когда дистанционный термобаллон расположен ниже уровня воды или рассола в погружном испарителе, необходимо использовать водонепроницаемый теплоизоляционный материал.

Оптимальная работа вентиля зависит от монтажа всасывающего трубопровода и расположения термобаллона. Запрещается монтировать термобаллон в отделителе жидкости на линии всасывания. Жидкий хладагент или смесь масла и жидкого хладагента, выкипающего в отделителе жидкости, отрицательно влияет на термобаллон, в результате чего ухудшается работа вентиля.

На рис. 125, а показан всасывающий трубопровод, который включает горизонтальный участок от испарителя. К нему крепится термобаллон ТРВ. Этот горизонтальный участок трубопровода имеет небольшой наклон. Если за ним следует вертикальный участок трубопровода, то непосредственно перед ним монтируют небольшой U-образный отделитель жидкости. В отделителе жидкости собираются жидкий хладагент или масло, которые проходят через всасывающий трубопровод, что предотвращает их влияние на температуру термобаллона.

В установках с параллельно соединенными испарителями трубопроводы должны быть смонтированы таким образом, чтобы поток хладагента от любого вентиля не воздействовал на температуру дистанционного термобаллона другого вентиля. Правильное соединение трубопроводов включает соответствующее использование отделителей жидкости, обеспечивает нормальную работу каждого вентиля, исключает влияние потока хладагента и масла из других испарителей (рис. 125, б).

Когда испаритель расположен над компрессором, рекомендуется монтировать вертикальный участок трубопровода до верха испарителя для предотвращения слива хладагента

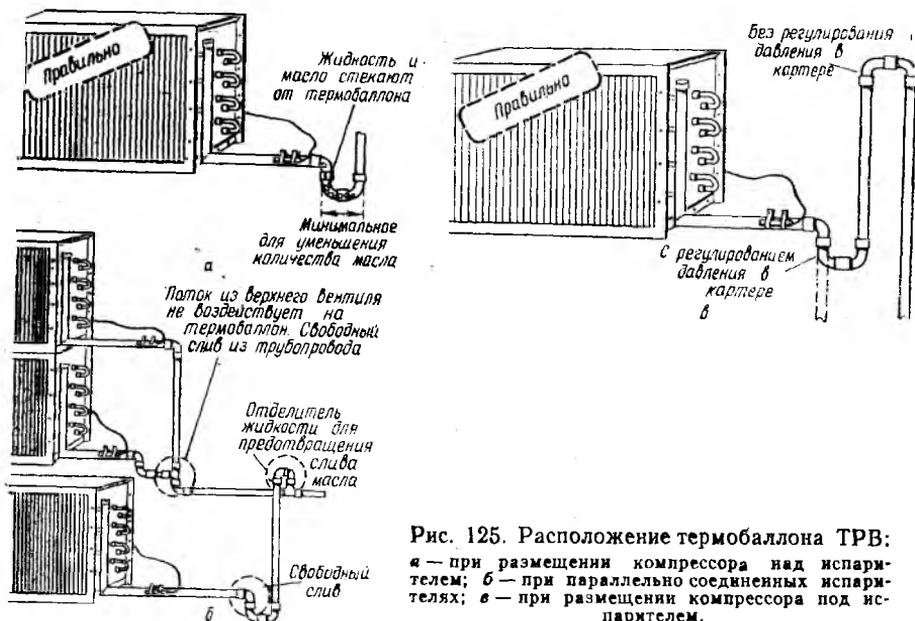


Рис. 125. Расположение термобаллона ТРВ: а — при размещении компрессора над испарителем; б — при параллельно соединенных испарителях; в — при размещении компрессора под испарителем.

самотеком в компрессор во время нерабочей части цикла (рис. 125, в). При регулировании давления в картере компрессора всасывающий трубопровод отводят от испарителя вниз без отделителя жидкости.

Заполнители дистанционного термобаллона. Заполнители дистанционного термобаллона ТРВ классифицируют следующим образом.

Жидкий наполнитель — это обычно тот же хладагент, который имеется в системе. Регулирование вентилем с таким наполнителем обычно не является оптимальным, так как жидкий хладагент может попасть в компрессор при его пуске.

Газовый наполнитель — это обычно тот же хладагент, который имеется в установке. Регулирование вентилем обычно хорошее. Силовой элемент ТРВ не будет работать при ненормальных условиях окружающей среды, так как наполнитель конденсируется в самой холодной точке. Вентиль прекращает функционировать, если силовой элемент или трубка дистанционного термобаллона охлаждаются больше, чем дистанционный термобаллон.

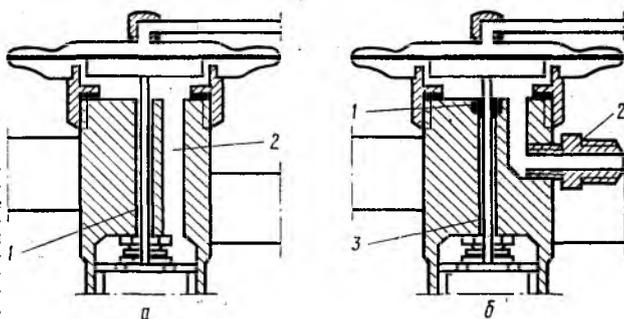
Парожидконый наполнитель — летучий жидкий хладагент (необязательно тот же, что в системе) в смеси с неконденсирующимся газом. Силовой элемент с этим наполнителем работает и при ненормальных условиях окружающей среды.

Универсальный паровой наполнитель заменяет описанные выше три вида наполнителя и обеспечивает хорошее регулирование при любых условиях: от -40 до 10°C .

Уравнивание ТРВ. Работа ТРВ зависит от соотношения трех основных давлений, т. е. давление в термобаллоне, действующее на мембрану, всегда должно быть равным сумме давления в испарителе (или давления всасывания) и давления пружины, действующей на мембрану со стороны испарителя.

Если клапан имеет внутреннее уравнивание, давление на выходе клапана (или на входе в испаритель) передается к мембране со стороны испарителя через отверстие в клапане или через зазор вокруг толкателя (рис. 126, а). Если клапан имеет

Рис. 126. Терморегулирующие клапаны: а — с внутренним уравниванием: 1 — толкатель; 2 — отверстие внутреннего уравнивания; б — с внешним уравниванием: 1 — сальник толкателя; 2 — штуцер внешнего уравнивания; 3 — толкатель.



внешнее уравнивание, сальник толкателя изолирует мембрану со стороны испарителя от давления на выходе клапана. Давление всасывания передается мембране со стороны испарителя по трубке, которая обычно соединяет всасывающий трубопровод у выхода из испарителя (предпочтительно после термобаллона) с внешним уравнивающим штуцером на клапане (рис. 126, б).

Клапаны с внутренним уравниванием применяют для испарителей, имеющих малый перепад давлений, а клапаны с внешним уравниванием используют в том случае, когда имеется значительный перепад между давлением у выхода из клапана и давлением в месте расположения дистанционного термобаллона.

Для примера на рис. 127 показан клапан с внутренним уравниванием, работающий на R12 и осуществляющий питание испарителя без перепада давлений. Давление на выходе из клапана и в месте расположения дистанционного термобаллона равно $0,19$ МПа. Поэтому мембрана воспринимает со стороны испарителя давление, которое тоже равно $0,19$ МПа и способствует закрытию клапана. Давление пружины, равное $0,049$ МПа, также способствует закрытию клапана. Клапан регулирует интенсивность потока хладагента до тех пор, пока пар во всасывающем трубопроводе не станет достаточно перегретым для на-

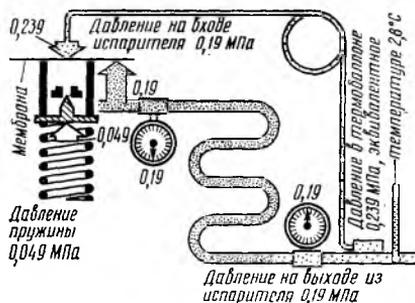


Рис. 127. Схема работы ТРВ с внутренним уравниванием (в испарителе нет перепада давлений).

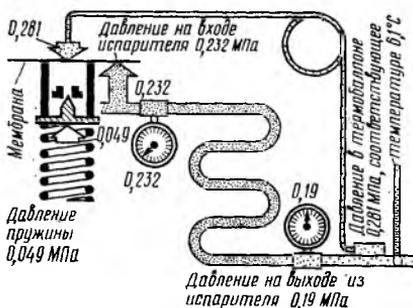


Рис. 128. Схема работы ТРВ с внутренним уравниванием (в испарителе имеется перепад давлений).

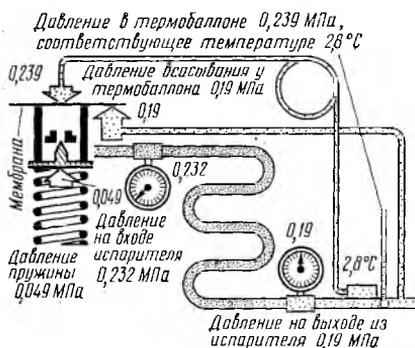


Рис. 129. Схема работы ТРВ с внешним уравниванием.

грева дистанционного термобаллона до температуры 2,8°C. При этом в нем создается давление 0,239 МПа, противодействующее давлению пружины и давлению в испарителе. В результате перегрев равен 5°C.

Если этот же ventиль с внутренним уравниванием и той же регулировкой пружины установлен на испарителе с эквивалентной номинальной производительностью, но с перепадом давлений 0,042 МПа, то рабочий перегрев повысится до 8,3°C, как показано на рис. 128. Теперь ventиль воспринимает относительно высокое давление — 0,232 МПа на выходе ventиля. Общее давление закрытия $0,232 + 0,049 = 0,281$ МПа. В связи с тем что давление в термобаллоне должно быть равно общему давлению закрытия, ventиль уменьшает поток холодильного агента для создания требуемого перегрева и давления в термобаллоне. Следовательно, при избыточном перепаде давлений в испарителе ventиль с внутренним уравниванием работает при ненормально высоком перегреве, в результате чего имеет место значительное понижение производительности испарителя. В этом случае нормальное регулирование может быть обеспечено посредством использования ТРВ с внешним уравниванием (рис. 129). Давление всасывания в месте расположения дистанционного термобаллона передается мембране со стороны испарителя через внешнюю

Таблица 7. Максимально допустимый перепад давлений (в кПа) в испарителе

Хладагент	Температура кипения, °С				
	4,4	-6,7	-17,8	-28,9	-40,0
R12	14	10	7	5	3,5
R22	21	14	10	7	5
R500	14	10	7	5	3,5
R502	21	17	12	9	7
R717 (аммиак)	21	14	10	7	5

уровнительную линию. Работа вентиля идентична той, что показана на рис. 127, и величина перегрева снова становится равной 5 °С.

Условия использования ТРВ. Вентиль с внутренним уравниванием может работать с меньшим перепадом давлений в испарителе при более низкой температуре кипения хладагента (табл. 7).

Конечно, имеются случаи, когда можно удовлетворительно использовать ТРВ с внутренним уравниванием при более высоком перепаде давлений, но это должно быть проверено лабораторными испытаниями. Общие рекомендации, представленные в табл. 7, пригодны для всех промышленных установок.

ТРВ с внешним уравниванием необходимо пользоваться, когда перепад между давлением на выходе из вентиля и давлением у дистанционного термобаллона превышает величины, приведенные в табл. 7. Когда вентиль имеет штуцер для присоединения линии внешнего уравнивания, последняя должна быть присоединена. Если штуцер заглушить, то вентиль не будет обеспечивать достаточную подачу или неравномерно регулировать поток хладагента.

Вентиль с внешним уравниванием можно применять даже в том случае, если в испарителе имеется низкий перепад давлений. Кроме того, его следует использовать для испарителей, которые имеют распределитель.

ТРВ с ограничением давления. Обычные ТРВ могут или не могут ограничивать давление в испарителе. Силовые элементы вентиля без ограничения давления заполняют жидкостью. Для заполнения силового элемента вентиля используют различные жидкости в зависимости от применяемого хладагента в системе, рабочей температуры и других факторов. Вентили с ограничением давления (рис. 130) обеспечивают защиту электродвигателя от перегрузки при высокой тепловой нагрузке. Ограничение давления необходимо для того, чтобы не было превышено максимальное рабочее давление.

Современные компрессорно-конденсаторные агрегаты конструируют для работы в определенном диапазоне давлений вса-

сывания. Эксплуатация оборудования при давлении всасывания выше рекомендуемого максимального значения создает перегрузку на компрессорно-конденсаторный агрегат, в результате чего может иметь место повреждение электродвигателя. Для предотвращения повышения давления всасывания во время работы агрегата необходимо применять ТРВ с ограничением давления.

ТРВ с ограничением давления функционирует как обычный ТРВ, когда он работает при давлениях всасывания в диапазоне, на который рассчитан данный компрессорно-конденсаторный агрегат. При достижении максимального рабочего давления функция регулирования от силового элемента передается к ограничителю давления, в результате чего предотвращается дальнейшее увеличение потока хладагента к испарителю. Система будет работать при данном максимальном давлении всасывания до окончания периода перегрузки. Когда давление всасывания станет ниже максимальной величины, вентиль снова будет функционировать как обычный ТРВ.

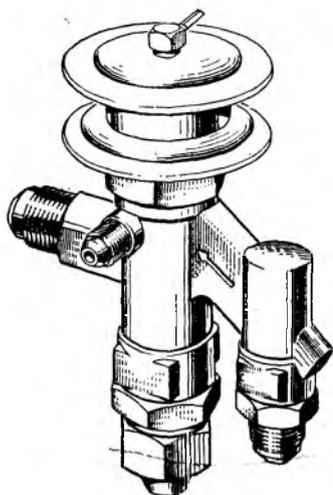


Рис. 130. ТРВ с ограничением давления.

При использовании ТРВ с ограничением давления уменьшается опасность попадания жидкого хладагента в компрессор при пуске установки. Давление в силовом элементе, действующее на мембрану сверху, не открывает вентиль до тех пор, пока давление в испарителе не опустится до величины верхнего предела давления в компрессоре. Когда вентиль открывается, он будет функционировать при максимальном рабочем давлении до снижения до минимума подачи жидкого хладагента к теплому испарителю.

Существует два типа конструкций ТРВ с ограничением давления: с ограниченным заполнением силового элемента жидкостью и механическим ограничителем давления.

ТРВ с ограниченным заполнителем жидкостью (газом). Вентили с ограничением давления имеют силовой элемент, содержащий ограниченное количество жидкого хладагента. Когда предельное давление достигнуто, весь жидкостный наполнитель выпаривается. При дальнейшем повышении температуры в испарителе пар в силовом элементе перегревается без заметного повышения давления в нем. В результате давление, создаваемое над мембраной, ограничивается определенным максимальным значением, и через вентиль подача хладагента не

может увеличиться. Таким образом в испарителе устанавливается максимальное рабочее давление.

Вентили с ограничением давления и газовым заполнением применяют в системах кондиционирования воздуха и других высокотемпературных установках. Они нормально работают, если термобаллон всегда холоднее капиллярной трубки или головки вентиля. Если это условие не соблюдается, наполнитель

будет конденсироваться в самой холодной точке и дистанционный термобаллон перестанет выполнять свои функции.

ТРВ с механическим ограничителем давления. ТРВ с механическим ограничителем давления.

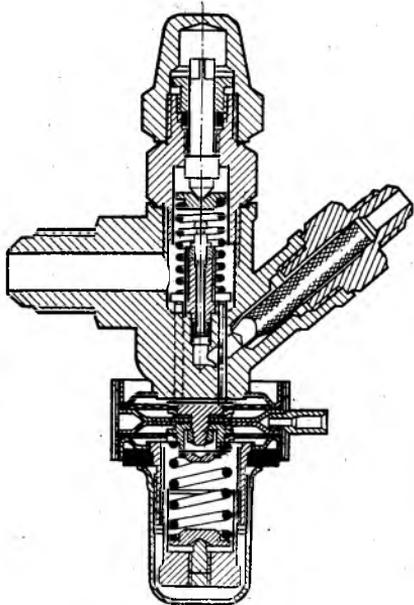


Рис. 131. ТРВ с механическим ограничителем давления.

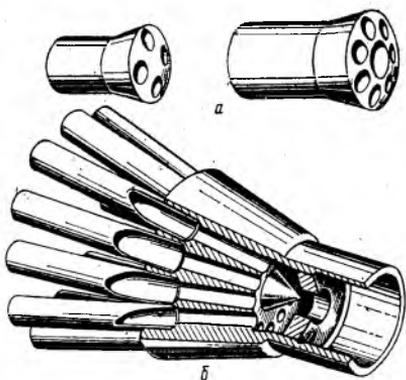


Рис. 132. Распределители хладагента: а — общий вид; б — частичный разрез распределителя с питательными трубами.

раничителем давления (рис. 131) имеет силовой элемент с жидкостным заполнением. Давление ограничивается специальной двойной мембраной. При любом давлении ниже уставки вентиль функционирует как обычный ТРВ. Нижняя мембрана действует на штифты, которые в свою очередь регулируют движение иглы.

Когда достигнута уставка ограничения давления, повышенное давление между мембранами преодолевает давление пружины, расположенной над верхней мембраной. Верхняя мембрана поднимается, обе мембраны (теперь они заблокированы) действуют в качестве одной, и вентиль функционирует как регулятор давления, дозируя жидкий хладагент для поддержания заданного давления в испарителе. Когда состояние перегрузки преодолено, верхняя мембрана опускается вниз до упора и ниж-

няя мембрана опять принимает на себя функции регулирования. Нормальная работа ТРВ возобновляется.

Распределители хладагента. Когда тепловая нагрузка велика, используют несколько крупных испарителей. При этом для предотвращения избыточного перепада давлений в испарителе возникает необходимость применить несколько схем параллельной циркуляции хладагента. Чтобы обеспечить равномерную подачу хладагента от регулирующего вентиля к каждой отдельной схеме циркуляции, обычно используют распределитель хладагента (рис. 132). Распределитель монтируют на испарителе. Во время подачи жидкого хладагента через регулирующий вентиль часть жидкости мгновенно испаряется, что приводит к снижению ее температуры до температуры в испарителе, образуется дроссельный пар. Далее смесь жидкости и дроссельного пара поступает в распределитель, а затем равномерно подается в змеевики испарителя через небольшие питательные трубки. Их количество зависит от конструкции распределителя и количества схем, требуемых для обеспечения соответствующей интенсивности потока хладагента в испарителе.

При отсутствии распределителя хладагент разделится бы на слои пара и жидкости, в результате чего некоторые схемы не имели бы достаточного питания. Для предотвращения колебаний в питании различных схем хладагентом сопротивление питательных трубок должно быть одинаковым. Для этого питательные трубки делают равной длины.

Существует два типа распределителей хладагента: распределители с высоким перепадом давлений и распределители с низким перепадом давлений. Для хорошего распределения хладагента, проходящего через отверстия распределителя, его поток должен турбулизироваться.

Капиллярные трубки

Капиллярные трубки — это простейшие регуляторы потока хладагента, используемые в холодильных системах. Однако их применяют только в охлаждаемых шкафах, имеющих встроенный компрессорно-конденсаторный агрегат. Их нельзя применять в многотемпературных или многошкафных системах. Капиллярная трубка имеет небольшой диаметр и предназначена для подачи хладагента в испаритель. Капиллярная трубка не является вентилем, так как она не может быть отрегулирована. Ее используют только в затопленных системах. Жидкий хладагент поступает через капиллярную трубку в испаритель с заданной интенсивностью, которая определяется производительностью холодильной машины и ее нагрузкой. При малой интенсивности потока капиллярная трубка функционирует так же, как и водяная трубка малого сечения. Она сдерживает поток воды, в результате чего перед трубкой создается высокое давление. Та-

ким же образом капиллярная трубка малого сечения содержит жидкий хладагент, давление в компрессорно-конденсаторном агрегате (при его работе) повышается, и жидкий хладагент медленно поступает в испаритель.

В связи с тем что трубка имеет фиксированный внутренний диаметр, интенсивность подачи хладагента относительно постоянна. Капиллярная трубка функционирует очень хорошо в условиях постоянной нагрузки и постоянных давлений нагнетания и всасывания. Однако изменения в нагрузке испарителя или колебания давления нагнетания могут привести к недостаточному или избыточному питанию испарителя хладагентом.



Рис. 133. Капиллярная трубка с грубым фильтром.

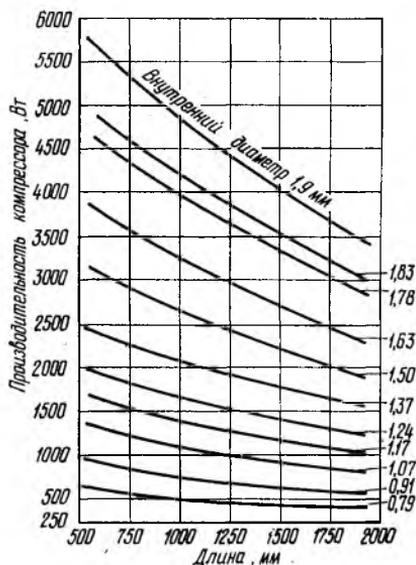


Рис. 134. Диаграмма выбора капиллярной трубки для работы при температуре кипения R22 около 7 °С (производительность компрессора указана при температурах конденсации 54,4 °С, всасывания 35 °С, переохлаждения жидкости —9,4 °С).

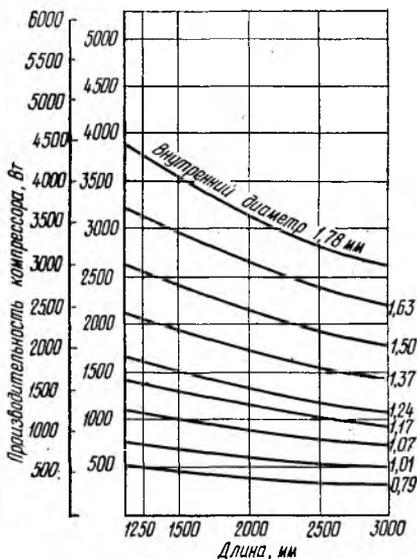


Рис. 135. Диаграмма выбора капиллярной трубки для работы при температурах кипения R22 от —3,9 до —12,2 °С (производительность компрессора указана слева при температурах конденсации 46,1 °С, всасывания 35 °С, переохлаждения жидкости —9,4 °С и при температурах конденсации 18,3 °С, переохлаждения жидкости —17,8 °С справа).

Когда компрессорно-конденсаторный агрегат останавливается, давления в конденсаторе и испарителе уравниваются, так как жидкий хладагент продолжает течь через капиллярную трубку. Следовательно, компрессор после остановки начинает работать без нагрузки. Это позволяет использовать электродвигатели с малым пусковым моментом, что является большим пре-

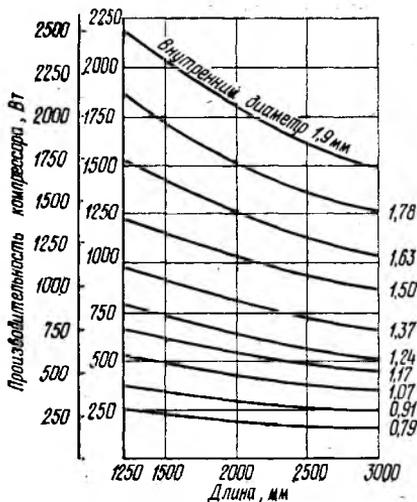


Рис. 136. Диаграмма выбора капиллярной трубки для работы при температурах кипения R12 от $-3,9$ до $-12,2$ °С (производительность компрессора указана слева при температурах конденсации $46,1$ °С, всасывания 35 °С переохлаждения жидкости $-9,4$ °С и при температурах конденсации $46,1$ °С, всасывания $18,3$ °С, переохлаждения жидкости $-17,8$ °С справа).

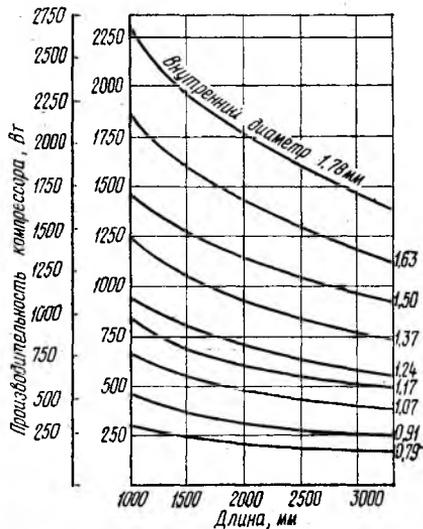


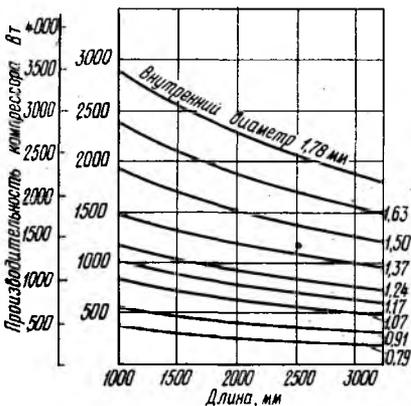
Рис. 137. Диаграмма выбора капиллярной трубки для работы при температурах кипения R12 от $-26,1$ до $-31,7$ °С (производительность компрессора указана слева при температурах конденсации $43,3$ °С, всасывания 35 °С, переохлаждения жидкости $-9,4$ °С и при температурах конденсации $43,3$ °С, всасывания $18,3$ °С, переохлаждения жидкости $-17,8$ °С справа).

имуществом применения капиллярных трубок. Необходимо, однако, предотвратить закупоривание трубки, так как иначе холодильная система не будет функционировать. В связи с тем что капиллярная трубка имеет малое сечение, очень важно, чтобы система была защищена от грязи и посторонних веществ. Обычно для этой цели перед капиллярной трубкой устанавливают фильтр (рис. 133). Если капиллярная трубка закупоривается, то конденсатор переполняется жидким хладагентом и давление нагнетания становится чрезмерно высоким. Испаритель начинает оттаивать, и агрегат будет работать непрерывно или может отключиться прибором защиты от тепловой перегрузки.

В системах с капиллярной трубкой зарядка хладагента является дозированной, так как обычно нет ресивера для избыточного количества хладагента. Слишком большое количество хладагента создает высокое давление нагнетания и перегрузку электродвигателя компрессора. При этом возможно поступление жидкости в компрессор во время нерабочей части цикла. Если количество хладагента небольшое, то пар поступает в капиллярную трубку, в результате чего понижается производительность установки.

В связи с конструктивной простотой, отсутствием ресивера и возможностью применения электродвигателя с низким пусковым моментом система с капиллярной трубкой является самой дешевой системой регулирования потока хладагента.

Рис. 138. Диаграмма выбора капиллярной трубки для работы при температурах кипения R502 от $-26,1$ до $-31,7$ °C (производительность компрессора указана слева при температурах конденсации $43,3$ °C, всасывания 35 °C, переохлаждения жидкости $-9,4$ °C и при температурах конденсации $43,3$ °C, всасывания $18,3$ °C, переохлаждения жидкости $-17,8$ °C справа).



Трудно рассчитать точно необходимые размеры капиллярной трубки, лучше всего их определить при испытании в системе. Когда размеры трубки определены, ее можно использовать в идентичных системах. В связи с этим капиллярные трубки нашли широкое применение в агрегатах серийного производства. На рис. 134, 135, 136, 137 и 138 приведены диаграммы выбора капиллярной трубки.

Термоэлектрические регулирующие вентили

Регулирующие вентили, рассмотренные ранее, имеют определенные недостатки. У них узкий функциональный диапазон, и они инерционны. Поэтому холодильная система с этими вентилями не работает с максимальной эффективностью.

Термоэлектрический регулирующий вентиль (рис. 139) является регулятором потока хладагента, соответствующим уровню современного технического развития. Это единственный регулятор потока хладагента, который сопоставим с современным оборудованием. Термоэлектрический регулирующий вентиль позволяет осуществить совершенно новый подход к вопросу дозирования и регулирования потока хладагента.



Рис. 139. Термо-электрический регулирующий вентиль.

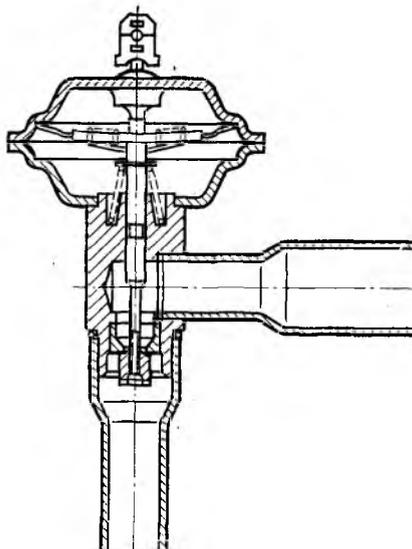


Рис. 140. Разрез термоэлектрического регулирующего вентиля.

Работа вентиля. Термоэлектрический регулирующий вентиль представляет собой простой игольчатый вентиль с тепловым бесступенчатым приводом, включаемым в зависимости от подачи напряжения (рис. 140). При повышении напряжения вентиль открывается и интенсивность потока хладагента увеличивается. При снижении напряжения интенсивность потока уменьшается или вентиль вообще закрывается.

Изменение напряжения, необходимое для плавного регулирования, обеспечивается различными датчиками температуры и давления жидкого хладагента (рис. 141). В связи с этим функция вентиля может быть мгновенно изменена простым переключением его от одного датчика к другому.



Рис. 141. Термисторный датчик для хладагента.

Вентиль открывается на полную производительность при мощности 4,1 Вт и рассчитан на работу при 24В переменного или постоянного тока. Работа вентиля не зависит от температуры или давления хладагента, и он реагирует только на изменение напряжения. В связи с этим такой вентиль работает одинаково хорошо на любом хладагенте, кроме аммиака. В отличие от ТРВ он не нуждается во внешнем уравнивании, его работа не зависит от перепада давлений в змеевике испари-

теля и не требуются для него термобаллон и капиллярная труба.

Этот клапан хорошо работает в низкотемпературных установках и в местных кондиционерах. Он может быть использован для регулирования перегрева в испарителе (включая перегрев 0°C), давления в испарителе или для того и другого вместе. Производительность этого клапана, как и всех регулирующих клапанов, является функцией потока хладагента.

Регулирование перегрева 0°C . Термoeлектрический клапан регулирует подачу таким образом, что жидкий хладагент находится в испарителе при любой его нагрузке в состоянии насыщения, а во всасывающем трубопроводе перегревается, предотвращая залив компрессора (рис. 142).

Термистор (полупроводник, электрическое сопротивление которого изменяется в зависимости от температуры) последовательно соединен с подогревателем регулирующего клапана. Подача тока к нему является функцией сопротивления термистора, которое в свою очередь является функцией состояния хладагента.

На термистор, размещенный в патрубке всасывающего трубопровода, воздействует хладагент. Под воздействием перегретого пара хладагента термистор нагревается, в результате чего понижается его сопротивление и повышается величина тока, питающего подогреватель регулирующего клапана. Регулирующий клапан реагирует на это тем, что начинает плавно открываться и поток хладагента к испарителю увеличивается. Этот процесс продолжается до тех пор, пока в линии всасывания пар хладагента не станет насыщенным. Жидкий хладагент или его влажный пар, контактируя с термистором, охлаждают его. Сопротивление термистора увеличивается, и регулирующий клапан начинает плавно закрываться.

Способность термистора реагировать на состояние хладагента и соответственно дозировать его подачу позволяет использовать новые способы регулирования перегрева, которые очень трудно или почти невозможно осуществлять посредством обычных клапанов. Этими новыми способами являются следующие:

температура перегрева хладагента в испарителе 0°C может быть достигнута при использовании не менее двух термисторов.

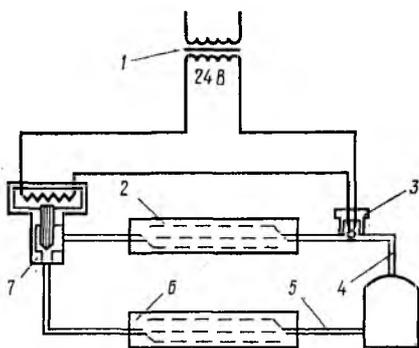


Рис. 142. Холодильная установка с термoeлектрическим регулирующим клапаном:

1 — трансформатор; 2 — испаритель; 3 — термистор; 4 — всасывающий трубопровод; 5 — нагнетательный трубопровод; 6 — конденсатор; 7 — термoeлектрический регулирующий клапан.

Этот способ можно использовать для приведения в соответствие производительности испарителя с производительностью компрессора в системах с автоматической разгрузкой компрессора;

термистор может быть использован для регулирования уровня жидкого хладагента в отделителе жидкости на всасывающем трубопроводе, при этом испаритель не затапливается, а в компрессор всасывается сухой пар;

испаритель может быть разделен на отдельные секции с подачей хладагента в каждую из них с помощью отдельных электрического вентиля и термистора, что дает возможность регулировать площадь поверхности испарителя. Каждый вентиль и термистор функционируют совершенно независимо от других.

Площадь поверхности испарителя может быть уменьшена выключением соответствующего электрического вентиля. Этим простым способом можно регулировать производительность, температуру испарителя, а также удалять иней.

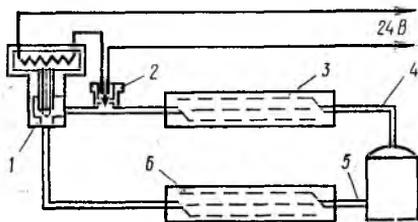


Рис. 143. Установка с термоэлектрическим регулирующим вентиляем в качестве регулятора давления:

1 — термоэлектрический регулирующий вентиль; 2 — датчик давления; 3 — испаритель; 4 — всасывающий трубопровод; 5 — нагнетательный трубопровод; 6 — конденсатор.

Термоэлектрический регулирующий вентиль в качестве регулятора давления. Термоэлектрический регулирующий вентиль можно использовать для регулирования давления в испарителе посредством последовательного соединения

подогревателя вентиля с датчиком давления, как указано на рис. 143. Для этой цели применяют двухпозиционный переключатель, который размыкается при повышении давления, когда электрическая нагрузка невелика, напряжение низкое и неиндуктивное. Принцип регулирования подачи хладагента в испаритель исключительно прост.

Например, переключатель замыкается, когда давление в испарителе опускается до 0,49 МПа. При этом открывается регулирующий вентиль. Последующее увеличение интенсивности потока хладагента повышает давление в испарителе. Датчик давления размыкается, и регулирующий вентиль плавно закрывается. Медленный и плавный характер работы регулирующего вентиля обеспечивает поддержание давления хладагента в испарителе в соответствии с величиной уставки переключателя.

Датчики давления можно использовать для ограничения максимального давления нагнетания и минимального давления всасывания в системе. Датчики могут быть установлены в любом месте системы.

Регулирование предельного давления и перегрева 0 °С. Если жидкостный термистор используется вместе с датчиком давления, то термоэлектрический вентиль может регулировать перегрев и предельное давление. На рис. 144 видно, что датчик предельного высокого давления соединен последовательно с подогревателем регулирующего вентиля. Этим предотвращается дальнейшее повышение производительности вентиля, когда уставка давления достигнута. Датчик предельного низкого давления соединен параллельно с жидкостным термистором, шунтируя его, когда перепад давлений в системе опускается ниже уставки (оба датчика размыкаются при повышении давления). В результате перегрев хладагента в испарителе поддерживается 0 °С, а величина давления — ниже предельно высокого и выше предельно низкого значений. Датчик давления автоматически переводит вентиль с функции регулирования перегрева на функцию регулирования давления.

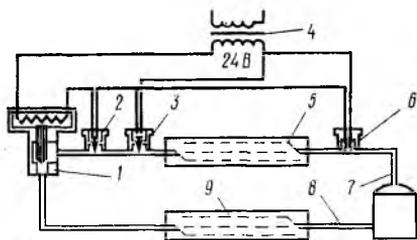


Рис. 144. Установка с термоэлектрическим регулирующим вентилем для регулирования перегрева и предельного давления:

1 — термоэлектрический регулирующий вентиль; 2 — датчик высокого давления; 3 — датчик низкого давления; 4 — трансформатор; 5 — испаритель; 6 — датчик температуры; 7 — всасывающий трубопровод; 8 — нагнетательный трубопровод; 9 — конденсатор.

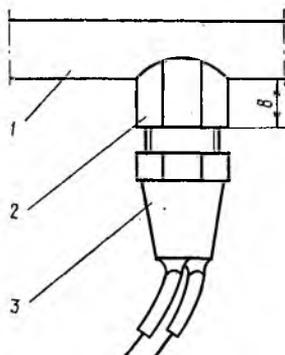


Рис. 145. Установка термистора на трубопроводе:

1 — всасывающий трубопровод; 2 — переходник; 3 — термистор.

Управление перекрытием жидкостного трубопровода. Для закрытия регулирующего вентиля на жидкостном трубопроводе можно использовать автоматический или ручной переключатель. При температуре окружающей среды выше комнатной вентиль немного открывается и медленно пропускает хладагент. Если температура окружающей среды ниже комнатной, вентиль остается в закрытом положении.

Рекомендации по монтажу и испытанию вентиля. Для обеспечения максимальной производительности вентиль должен быть

смонтирован таким образом, чтобы термистор был расположен под углом 45° к вертикали. Термистор должен быть установлен заподлицо или немного утоплен по отношению к внутренней стенке всасывающего трубопровода (рис. 145). Необходимо избегать, чтобы переходник и термистор были утоплены во всасывающем трубопроводе (рис. 146).

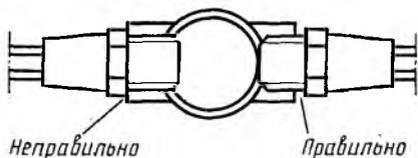


Рис. 146. Монтаж термистора на трубопроводе.

Жидкостный термистор можно монтировать в любом всасывающем трубопроводе, диаметр которого 13 мм или более. Термистор размещают на вертикальных и горизонтальных всасывающих трубопроводах.

Его не следует монтировать в местах аккумуляции или отделения жидкого хладагента, например в нижней части колена, соединяющего два вертикальных трубопровода (рис. 147).

Невозможно установить жесткие правила относительно оптимального расположения жидкостного термистора в связи с тем, что поток всасываемого хладагента зависит от многих факторов: размеров всасывающего трубопровода, интенсивности потока всасываемого пара, наличия переходных патрубков и др. Ниже приведены рекомендации по выбору места расположения термистора во всасывающем трубопроводе:

места с высокой интенсивностью потока пара хладагента более приемлемы по сравнению с местами с низкой интенсивностью;

участки с большим диаметром всасывающего трубопровода более предпочтительны, чем участки с меньшим диаметром;

если колено или переходная муфта не сконструированы специально для жидкостного термистора, то его лучше всего располагать на трубопроводе по ходу потока хладагента не менее чем в 150 мм от указанных деталей;

хорошо располагать термистор на вертикальном всасывающем трубопроводе, но следует избегать мест отделения жидкости (см. рис. 147). Если трубопровод не вертикальный, то предпочтительно размещать термистор на участке, где хладагент движется вниз (рис. 148).

Обычным является расположение термистора на горизонтальном всасывающем трубопроводе. При необходимости всасы-

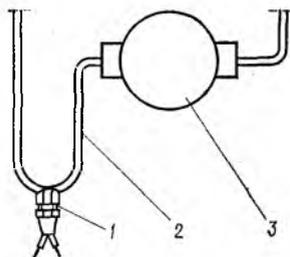


Рис. 147. Расположение термистора на трубопроводе:

1 — термистор; 2 — всасывающий трубопровод; 3 — компрессор.

вания в компрессор влажного пара хладагента термистор размещают в верхней части трубопровода (положение 1 на рис. 149). Если всасывающий трубопровод имеет большой диаметр и интенсивность потока хладагента в нем низкая, то термистор монтируют на уровне горизонтальной оси трубы (положение 2). Для обеспечения всасывания в компрессор сухого пара хладагента термистор располагают в нижней части трубопровода (положение 3).

Основное правило расположения жидкостного термистора следующее: необходимо обеспечить, чтобы жидкость или влаж-

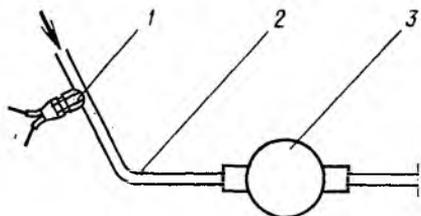


Рис. 148. Расположение термистора на наклонном участке трубопровода: 1 — термистор; 2 — всасывающий трубопровод; 3 — компрессор.

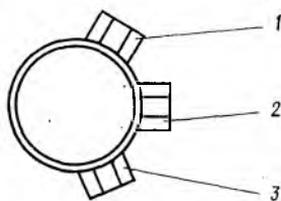


Рис. 149. Расположение термистора на горизонтальном трубопроводе.

ный пар хладагента имели хороший контакт с термистором при любой нагрузке.

Влияние температуры окружающей среды и принудительного обдува во время работы установки. Принудительный обдув воздухом от вентилятора или воздухоохладителя почти не влияет на работу вентиля, и он будет функционировать нормально при температуре окружающей среды от -40°C до $+66^{\circ}\text{C}$. Производительность вентиля снижается при более низкой температуре окружающей среды и повышается при более высокой температуре. Однако термистор автоматически компенсирует эти изменения.

Влияние температуры окружающей среды во время нерабочей части цикла. Во время нерабочей части цикла установки вентиль пропускает хладагент, если температура окружающей среды выше 21°C , и плотно закрывается при более низкой температуре. Следовательно, вентиль откалиброван на закрытие при 21°C без подачи электрической энергии.

Разгрузка системы во время нерабочей части цикла. Вентиль находится под током постоянно. Во время нерабочей части цикла он полностью и быстро разгружает систему.

Если вентиль отключен во время нерабочей части цикла вместе с компрессором, то он частично разгрузит систему в за-

висимости от величины зарядки хладагента и температуры окружающей среды.

Проверка работы. Вентиль и термистор должны быть соединены последовательно, как указано на рис. 150. Схемы присоединения датчиков давления приведены на рис. 143 и 144. Вся электропроводка должна быть сделана в соответствии с правилами для низкого напряжения.

Вольтметр, соединенный с клеммами электрического вентиля, позволяет определить, правильно ли выбран вентиль и нормально ли работает система:

если вентиль оптимального размера, то стрелка вольтметра колеблется при регулировании потока хладагента во время нормальной работы установки.

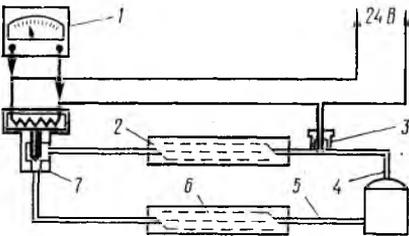


Рис. 150. Схема соединений термистора и вентиля:

1 — вольтметр (шкала 30 В); 2 — испаритель; 3 — термистор; 4 — всасывающий трубопровод; 5 — нагнетательный трубопровод; 6 — конденсатор; 7 — термoeлектрический регулирующий вентиль.

Когда с термистором контактирует влажный пар хладагента, вольтметр показывает низкое напряжение. При контакте сухого всасываемого газа с термистором вольтметр показывает более высокое напряжение. При нормальной работе вольтметр показывает от 8 до 20 В; когда система работает при пиковой нагрузке, вольтметр показывает высокое напряжение (15—20 В). Стрелка вольтметра может зафиксироваться в определенной точке

между 15 и 20 В. Когда система работает при более низкой нагрузке, вольтметр показывает напряжение более низкое (8—14 В) и стрелка вольтметра может зафиксироваться в определенной точке между 8 и 14 В.

если вентиль работает при 17—20 В более 3 мин и подача хладагента не увеличивается (пар во всасывающем трубопроводе остается перегретым), это означает, что он меньшего размера, чем требуется;

если вентиль работает при напряжении 8—10 В в течение длительного времени (более 3 мин) и подача хладагента не уменьшается, это означает, что вентиль большего размера, чем требуется;

если имеется предположение, что вентиль или термистор неисправны, их можно проверить с помощью омметра. Для этого омметр соединяют с выводами электрического вентиля или с термистором и сравнивают величину сопротивления с заводскими данными, приведенными ниже. Вентиль должен иметь сопротивление 70 Ом. Величина отклонения сопротивления вентиля может быть в пределах 5 % от номинальной, а для термистора — 40 %.

Во время проверки вентиль и термистор, в особенности последний, должны быть нагреты до комнатной температуры. Замерять омметром нужно не более 2 с после присоединения к термистору, так как незначительный подвод тока, создаваемый омметром, вызывает самонагрев термистора, в результате чего сопротивление постепенно уменьшается.

Оборудование, в котором применяются термо-электрические регулирующие вентили	Сопротивление термистора при 25 °С, Ом
Кондиционеры	} 50
Тепловые насосы	
Прилавки для мясных продуктов	
Охладители воды	
Льдогенераторы	
Низкотемпературные прилавки-витрины	} 19
Фризеры	
Каскадные системы	
Низкотемпературные воздухоохладители	
Специальные установки с исключительно большими изменениями нагрузки	100

Правила безопасности

Регуляторы потока обычно работают безотказно. Однако они могут быть легко повреждены, в связи с чем необходимо быть осторожными при работе с этими приборами или вблизи них.

1. Запрещается направлять открытое пламя на регулирующий вентиль, так как могут быть повреждены прокладки.

2. Запрещается ударять по регулиющему вентилю молотком.

3. Запрещается отвинчивать какие-либо соединения, если в системе имеется хладагент, так как обслуживающий персонал может получить серьезные травмы.

4. При демонтаже вентиля для предотвращения скручивания трубопровода необходимо пользоваться двумя гаечными ключами.

5. При выпуске хладагента из системы необходимо пользоваться защитными очками.

6. Пол должен быть очищен от влаги и масла.

7. Запрещается быстро полностью открывать вентиль при регулировании, так как это может вызвать залив компрессора жидким хладагентом.

8. Необходимо обеспечить хорошую вентиляцию при сварке или пайке регулятора потока к трубопроводу.

9. Запрещается осуществлять сварку или пайку на трубопроводе, содержащем хладагент под давлением.

10. Запрещается оставлять термобаллон незакрепленным, так как это может вызвать залив компрессора.

Возможные неполадки холодильных установок с терморегулирующим вентилем и способы их устранения

Высокое давление нагнетания

Предполагаемая причина

Способ устранения

Недостаточное количество охлаждающей воды из-за неисправности водорегулирующего вентиля

Отрегулировать, отремонтировать или заменить неисправный вентиль

Конденсатор или жидкостный ресивер недостаточной величины

Заменить на конденсатор или жидкостный ресивер требуемой величины

Температура охлаждающей воды выше расчетной

Отрегулировать водорегулирующий вентиль и увеличить подачу воды, заменить вентиль на больший по размеру и т. д.

В конденсаторе имеется воздух или неконденсирующийся газ

Продуть систему и снова зарядить хладагент

Избыточное количество хладагента

Выпустить избыточное количество хладагента

Конденсатор загрязнен

Очистить конденсатор

Воздушный конденсатор недостаточно обдувается циркулирующим воздухом

Расположить правильно конденсатор для свободной циркуляции воздуха. Натянуть или заменить проскальзывающие приводные ремни, или убедиться в правильной величине мощности двигателя вентилятора

Низкое давление всасывания, большой перегрев

Возможная причина

Способ устранения

А. Регулирующий вентиль ограничивает поток хладагента

Давление на входе в вентиль слишком низкое из-за избыточного вертикального подъема, недостаточного размера жидкостного трубопровода или слишком низкой температуры конденсации. Слишком низкий перепад давлений в вентиле

Увеличить давление нагнетания. Если жидкостный трубопровод недостаточного размера, заменить на трубопровод соответствующего размера

Пар в жидкостном трубопроводе из-за перепада давлений в трубопроводе или недостаточной зарядки хладагента. В регулирующем вентиле появляется характерный свистящий шум (нет смотрового стекла в жидкостном трубопроводе)

Установить причину появления дроссельного пара в жидкостном трубопроводе и устранить посредством какого-либо или всех следующих методов:

1. Добавить хладагент.
2. Прочистить фильтры, заменить фильтры-осушители.
3. Проверить правильность размера трубопровода.
4. Повысить давление конденсации или снизить температуру для обеспечения необходимой массы жидкого хладагента на входе в регулирующий вентиль

Вентиль работает неудовлетворительно из-за большого перепада давлений в испарителе

Заменить на регулирующий вентиль с внешним уравнивателем

Внешняя уравнивательная линия закупорена или соединение внешнего уравнивания заглушено без обеспечения вентилей внутренним уравниванием

Если линия внешнего уравнивания закупорена, отремонтировать или заменить ее. В других случаях заменить на вентиль с соответствующим уравниванием

Отверстие вентиля закупорено влагой, парафином, маслом или грязью. Образование слоя льда или парафина на седле вентиля может проявиться внезапным повышением давления всасывания после остановки, и система при этом нагревается

Отверстие вентиля недостаточной величины

Уставка перегрева слишком высокая

Отказ силового узла или частичная потеря заполнителя

Дистанционный термобаллон вентиля с газовым наполнением перестал функционировать в связи с тем, что трубка или силовая головка вентиля более холодные, чем дистанционный термобаллон

Сетка фильтра загрязнена

Неправильная марка масла

Парафин является признаком неправильного выбора масла. Продуть систему и зарядить ее снова, используя соответствующее масло. Установить фильтры-осушители для предотвращения закупоривания отверстия вентиля влагой и грязью

Заменить на соответствующий вентиль

См. раздел «Измерение и регулирование рабочего перегрева»

Заменить силовой узел (если это возможно) или вентиль

Заменить на вентиль, имеющий силовой узел с универсальным наполнением. См. «Зарядка дистанционного термобаллона и силового узла»

Прочистить все фильтрующие сетки

Продуть и затем снова зарядить систему, используя соответствующее масло.

Б. Препятствие в системе, но не в регулирующем вентиле
(обычно, но не обязательно сопровождается нарастанием слоя инея, или температура опускается ниже нормального уровня в месте препятствия)

Фильтры загрязнены или они недостаточного размера

Электромагнитный вентиль работает неудовлетворительно или он недостаточного размера

Главный вентиль на жидкостном ресивере недостаточного размера или не открывается полностью. Нагнетательный или всасывающий вентиль компрессора не открывается полностью
Трубопроводы закупорены

Жидкостный трубопровод недостаточного размера

Всасывающий трубопровод недостаточного размера

Несоответствующее масло в системе блокирует поток хладагента

Снять и прочистить фильтры. Проверить по каталогу изготовителя и убедиться в правильности выбора фильтра. Дополнительно установить фильтр-осушитель

Если вентиль недостаточного размера, проверить по каталогу изготовителя правильность размера и условия, при которых он работает

Отремонтировать или заменить поврежденный вентиль, если он не открывается полностью. Заменить любой вентиль недостаточного размера на соответствующий

Прочистить, отремонтировать или заменить трубопроводы

Смонтировать жидкостный трубопровод соответствующего размера

Смонтировать всасывающий трубопровод соответствующего размера

Продуть и зарядить снова систему, используя соответствующее масло

Низкое давление всасывания, малый перегрев

Возможная причина

Неудовлетворительное распределение в испарителе, в результате чего жидкость течет через дроссельный вентиль по коротким ходам испарителя, пока все ходы не заполнятся достаточным количеством хладагента

Способ устранения

Нагреть рукой дистанционный термобаллон. Тщательно зачистить всасывающий трубопровод до закрепления термобаллона. Смонтировать распределитель. Сбалансировать распределение нагрузки на испаритель

Компрессор слишком большого размера или работает при слишком высокой частоте вращения вала

Неравномерная или несоответствующая нагрузка на испаритель из-за неудовлетворительного распределения воздуха или рассола

Испаритель недостаточного размера, что часто выражается избыточным образованием инея

Избыточная аккумуляция масла в испарителе

Снизить частоту вращения компрессора посредством монтажа шкива соответствующего размера или установить устройство для регулирования производительности компрессора

Сбалансировать нагрузку на испаритель посредством соответствующего распределения воздуха или рассола

Заменить на испаритель соответствующего размера

Изменить конфигурацию всасывающего трубопровода для обеспечения соответствующего возврата масла или смонтировать маслоотделитель, если в этом имеется необходимость

Высокое давление всасывания, большой перегрев

Возможная причина

Несбалансированная система имеет слишком большой испаритель, компрессор недостаточного размера, нагрузка на испаритель превышает расчетные условия

Компрессор недостаточного размера

Слишком большой испаритель

Протечка в нагнетательных клапанах компрессора

Высокое давление всасывания, малый перегрев

Возможная причина

Компрессор недостаточного размера

Уставка перегрева вентиля слишком низкая

Слишком большой регулирующий вентиль на газовом или жидкостном трубопроводе

Протечка в нагнетательных клапанах компрессора

Клапан и седло регулирующего вентиля изношены, корродированы или клапан удерживается в открытом положении посторонней частицей, в результате чего имеется подача жидкости в компрессор

Внешняя уравнивательная линия закупорена или штуцер внешнего уравнивания заглушен без обеспечения вентиля внутренним уравниванием

Влага замерзает в вентиле, когда он находится в открытом положении

Способ устранения

Сбалансировать для соответствия расчетной нагрузке

Заменить на компрессор соответствующего размера

Заменить на испаритель соответствующего размера

Отремонтировать или заменить клапаны

Способ устранения

Заменить на компрессор соответствующего размера

См. «Определение перегрева» и «Изменение уставки перегрева»

Заменить на регулирующий вентиль соответствующего размера. Ликвидировать причину появления дроссельного пара

Отремонтировать или заменить нагнетательные клапаны

Прочистить или заменить поврежденные детали. Смонтировать фильтр-осушитель для удаления посторонних частиц из системы

Если трубопровод внешнего уравнивания закупорен, отремонтировать или заменить его. В других случаях заменить на вентиль с соответствующим уравниванием

Положить на вентиль горячую ткань для оттаивания льда. Смонтировать фильтр-осушитель для предотвращения попадания влаги в систему

Переменное давление всасывания

Возможная причина

Неправильное регулирование перегрева
Всасывающий трубопровод заблокирован

Неправильное расположение или монтаж дистанционного термобаллона

В компрессор попадает жидкий хладагент из-за неудовлетворительно смонтированного распределителя жидкости или неравномерной нагрузки на испаритель. Неправильно смонтирован испаритель

Внешние уравнильные трубопроводы присоединены к всасываемому трубопроводу в одной точке, несмотря на наличие нескольких регулирующих вентилях в данной системе

Неисправный водорегулятор, вызывающий изменение перепада давлений в регулирующем вентиле

Испарительный конденсатор работает циклично, вызывая значительное изменение в разности давлений в регулирующем вентиле. Циклическая работа вентиляторов или насосов

Препятствие во внешней уравнильной линии

Способ устранения

См. «Определение перегрева» и «Изменение уставки перегрева». Смонтировать U-образную ловушку для удаления жидкости из всасываемого трубопровода

Закрепить дистанционный термобаллон на всасывающем трубопроводе с наклоном в сторону компрессора. Тщательно зачистить всасывающий трубопровод до закрепления термобаллона

Заменить неисправный распределитель. Если нагрузка на испаритель неравномерная, смонтировать устройства для регулирования равномерного распределения потока воздуха через змеевики испарителя. Перемонтировать трубопроводы испарителя для обеспечения соответствующего уклона всасывающего трубопровода

Каждый вентиль должен иметь отдельную уравнильную линию, присоединенную к соответствующей точке у выхода испарителя для обеспечения работы каждого отдельного вентиля

Заменить водорегулятор

Проверить распылительные сопла, поверхность змеевика, схемы регулирования и т. д. Отремонтировать или заменить неисправное оборудование.

Очистить закупоренные сопла, поверхность змеевика и т. д.

Отремонтировать или заменить на линию соответствующего размера

Переменное давление нагнетания

Возможная причина

Неисправный водорегулятор
Недостаточная зарядка, обычно сопровождаемая соответствующим колебанием давления всасывания
Испарительный конденсатор работает циклично

Несоответствующая и переменная подача охлаждающей воды к конденсатору

Вентилятор обдува конденсатора работает циклично

Способ устранения

Заменить водорегулятор
Увеличить зарядку системы хладагентом

Проверить распылительные сопла, поверхность змеевика, схемы регулирования и т. д. Отремонтировать или заменить неисправное оборудование. Очистить закупоренные сопла, поверхность змеевика и т. д.

Проверить водорегулятор, отремонтировать или заменить его, если он неисправен. Проверить, нет ли препятствий в схеме циркуляции воды
Определить и ликвидировать причину циклической работы вентилятора

Регуляторы давления нагнетания работают нестабильно на воздушном конденсаторе при низкой температуре окружающей среды

Отрегулировать, отремонтировать или заменить регуляторы

Выводы

Регулятор потока предназначен для регулирования подачи хладагента в испаритель.

Регуляторы потока работают под воздействием температуры, давления или комбинации того и другого.

Нормальная работа испарителя зависит от количества жидкого хладагента и схемы его циркуляции через змеевики испарителя.

Весь жидкий хладагент должен выкипеть в испарителе, так как иначе может иметь место гидравлический удар в компрессоре.

Дроссельный пар образуется при течении жидкого хладагента через регулятор потока.

Количество дроссельного пара равно приблизительно 20 % от общего количества жидкости, протекающей через регулятор потока.

Дроссельный пар охлаждает остающийся жидкий хладагент до температуры в испарителе.

Автоматический барорегулирующий клапан регулирует поток хладагента без какого-либо внешнего механического устройства.

Автоматический барорегулирующий клапан поддерживает почти постоянное давление в испарителе.

Открытие и закрытие автоматического барорегулирующего клапана происходит за счет давления хладагента на стороне всасывания системы.

Давление в испарителе стабилизируется, когда количество кипящего хладагента равно производительности компрессора.

Регулирующий клапан не следует перерегулировать до тех пор, пока система не проработает 24—48 ч.

Автоматические барорегулирующие клапаны можно использовать для выполнения следующих функций: защиты испарителя от обмерзания, регулирования относительной влажности воздуха, защиты электродвигателя от перегрузки, упрощения обслуживания на месте эксплуатации, обеспечения высокой производительности при небольшом размере регулятора, регулирования водоохладителей, регулирования давления на входе в компрессор установки, в которой имеется электродвигатель с низким пусковым моментом, разгрузки компрессора байпасированием хладагента.

Клапан с открытым перепуском позволяет выравнивать давления в холодильной системе во время нерабочей части цикла.

Клапан с открытым перепуском (или с шелевым отверстием) является обычным автоматическим клапаном с небольшой щелью в клапане клапана, предотвращающей полное закрытие его в конце рабочего цикла.

Перепуск обеспечивает определенную производительность в зависимости от размера щели, плотности жидкости, существующего перепада давлений.

Клапан следует выбирать с наименьшим размером щели, которая обеспечит требуемую разгрузку в течение минимальной по длительности нерабочей части цикла.

Любое значительное изменение высоты над уровнем моря после настройки автоматического барорегулирующего клапана приводит к изменению поддерживаемого клапаном давления на стороне всасывания.

Автоматические барорегулирующие клапаны можно использовать в качестве байпасных клапанов или регуляторов производительности.

ТРВ — наиболее часто применяемый прибор для регулирования потока жидкого хладагента в испаритель.

ТРВ предназначен для регулирования потока хладагента в испаритель в точном соответствии с интенсивностью кипения в нем жидкого хладагента.

ТРВ реагирует на температуру пара хладагента на выходе из испарителя и давление хладагента в испарителе.

Следующие давления заставляют ТРВ срабатывать: давление P_1 в дистанционном термобаллоне силового узла, давление P_2 в испарителе, эквивалентное давлению P_3 пружины настройки перегрева.

ТРВ находится в состоянии равновесия, когда $P_1 = P_2 + P_3$.

ТРВ открывается в результате повышения перегрева хладагента на выходе из испарителя.

ТРВ закрывается в результате повышения давления в испарителе.

Производительность испарителя понижается при повышении уставки перегрева ТРВ.

Для определения правильности функционирования ТРВ необходимо сначала измерить перегрев.

Соответствующая уставка перегрева зависит от разности температур хладагента и охлаждаемой среды.

Хороший тепловой контакт между дистанционным термобаллоном ТРВ и всасывающим трубопроводом является важным фактором для обеспечения надежной работы агрегата.

Заполнение термосистем регулирующих вентилей классифицируется следующим образом: жидкостное заполнение, газовое заполнение, парожидкостное заполнение, универсальное паровое заполнение.

ТРВ с внешним уравниванием используют для испарителей со значительным перепадом давлений.

Штуцер внешнего уравнивания никогда не должен быть заглушен.

Регулирующий вентиль с ограничением давления обеспечивает защиту электродвигателя от перегрузки при высокой тепловой нагрузке.

Когда в оборудовании достигнуто максимальное рабочее давление, силовой элемент берет на себя функцию ограничения давления и дальнейшая подача хладагента в испаритель прекращается.

Максимальное рабочее давление в испарителе не превышает при использовании ТРВ с ограниченным жидкостным заполнением и жидкостным заполнением с механическим ограничением давления.

При использовании больших испарителей для снижения перепада давлений в них применяют распределители хладагента.

Капиллярную трубку используют в охлаждаемых шкафах и одноконтурных установках.

Система с капиллярной трубкой является системой с дозированной зарядкой хладагента.

Термоэлектрический регулирующий вентиль — это игольчатый вентиль с электроприводом.

Изменение напряжения на клеммах электрического вентиля обеспечивает датчики температуры и давления.

Термоэлектрический регулирующий вентиль открывается полностью при 4,1 Вт.

Термоэлектрический регулирующий вентиль позволяет плавно регулировать подачу хладагента вне зависимости от температуры и давления хладагента.

Термистор устанавливают на всасывающем трубопроводе для полного использования поверхности испарителя.

Термоэлектрический регулирующий вентиль может обеспечить перегрев 0°C на выходе из испарителя.

Вольтметр, соединенный с клеммами термоэлектрического вентиля, является удобным прибором для проверки выбора вентиля и работы системы.

Контрольные вопросы

1. Назначение регулятора потока.
2. Почему весь жидкий хладагент должен выкипать в испарителе?
3. Что такое дроссельный пар?

4. Какой процент всей зарядки хладагента превращается в дроссельный пар?
5. Что такое холодопроизводительность нетто?
6. Какие силы действуют на автоматический барорегулирующий клапан?
7. Автоматический барорегулирующий клапан открывается или закрывается во время нерабочей части цикла системы?
8. Что является точкой открытия автоматического барорегулирующего клапана?
9. Можно ли немедленно регулировать клапан после его монтажа?
10. Как влияет изменение высоты над уровнем моря на работу автоматического барорегулирующего клапана?
11. Назовите, какие функции может выполнять автоматический барорегулирующий клапан.
12. Чему эквивалентна интенсивность подачи хладагента в испаритель?
13. Для чего используют перепускные клапаны?
14. Назовите два основных типа седла перепускных клапанов.
15. Объясните, как проверить правильность размера перепускного регулирующего клапана.
16. Как можно использовать автоматический барорегулирующий клапан в качестве байпасного клапана?
17. Назначение терморегулирующего клапана.
18. Какие силы воздействуют на работу ТРВ?
19. Когда находится ТРВ в равновесии?
20. Объясните, как проверить перегрев ТРВ.
21. Объясните, как нерегулируемый ТРВ можно отрегулировать.
22. Как влияет вращение регулировочного штока ТРВ по часовой стрелке на уставку перегрева?
23. Где должен быть смонтирован дистанционный термобаллон?
24. Назначение универсального парового заполнения силового элемента ТРВ.
25. Можно ли штуцер линии внешнего уравнивания ТРВ заглушить?
26. Где присоединяется внешняя уравнивательная линия ТРВ к всасывающему трубопроводу?
27. Где используют ТРВ с внешним уравниванием?
28. Что называется максимальным перепадом рабочих давлений в испарителе и как он учитывается при выборе ТРВ?
29. Какие существуют два типа ТРВ с ограничением давления?
30. Для чего используют распределители хладагента?
31. Что такое капиллярная трубка?
32. Какой регулятор потока используют в холодильной установке с дозированной зарядкой?
33. Почему открывается и закрывается термозлектрический регулирующий клапан?
34. Какой самый малый перегрев можно обеспечить посредством термозлектрического регулирующего клапана?
35. Назначение термистора в термозлектрическом регулирующем клапане.
36. Где должен быть расположен термистор для обеспечения наилучших результатов?

Глава 7. Вспомогательная аппаратура

В холодильных системах вспомогательную аппаратуру применяют в специальных целях. Необходимость ее использования определяется назначением установки. Вспомогательный аппарат или прибор, который не является основным узлом системы, создает большие удобства при ее эксплуатации или обеспечивает более высокую производительность.

Отделители жидкости

Во многих системах, особенно в низкотемпературных, происходит возврат некоторого количества жидкого хладагента в компрессор. Этот жидкий хладагент растворяет масло, в том числе находящееся в подшипниках, и в некоторых случаях является причиной полного уноса масла из картера компрессора. В результате происходит поломка клапанных пластин, поршней, шатунов, коленчатого вала и других деталей. Отделитель жидкости предназначен для временного удерживания избыточного количества смеси масла с хладагентом и его возврата с безопасной для компрессора интенсивностью.

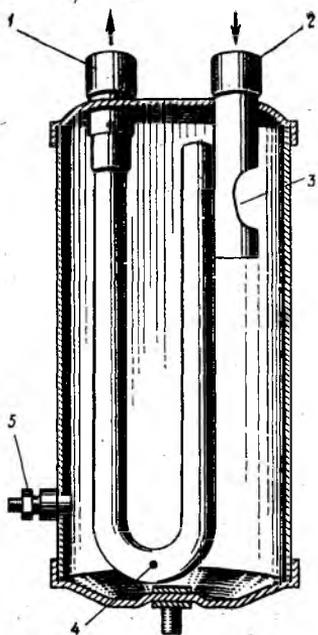


Рис. 152. Разрез отделителя жидкости на всасывающем трубопроводе:

1 — выходной патрубок (к компрессору); 2 — входной патрубок (из испарителя); 3 — отражатель; 4 — дозирующее отверстие для масла; 5 — герметичный плавкий предохранитель.

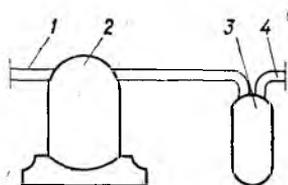


Рис. 151. Установка отделителя жидкости:

1 — нагнетательный трубопровод; 2 — компрессор; 3 — отделитель жидкости; 4 — всасывающий трубопровод.

Правильная установка отделителя жидкости на всасывающем трубопроводе перед компрессором исключает его поломку (рис. 151). Если отделитель жидкости имеет оптимальный размер, то жидкий хладагент с паром поступает во всасывающий трубопровод через отделитель жидкости, предотвращая повреждение компрессора. Жидкий хладагент временно удерживается в отделителе жидкости на всасывающем трубопроводе (рис. 152) и поступает в компрессор вместе с маслом. Интенсивность его подачи в компрессор регулируется с помощью дозирующего отверстия. В связи с этим предотвращается повреждение компрессора при его пуске.

Отделитель жидкости необходимо рассчитывать на низкое падение давления хладагента и возврат масла. Он должен вмещать, по крайней мере, 50 % всей зарядки системы. Диаметры входного и выходного патрубков отделителя жидкости могут отличаться от диаметра всасывающего трубопровода.

Осушители

Наличие влаги в системе отрицательно влияет на работу холодильной установки. Поэтому большинство хо-

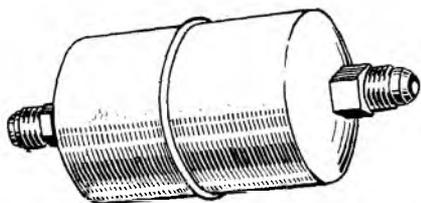


Рис. 153. Осушитель.

лодильных установок и установок кондиционирования воздуха, как собираемых на месте эксплуатации, так и заводской сборки снабжены осушителями (рис. 153). В некоторых конструкциях тепловых насосов установлено по два осушителя для удаления влаги из системы.

Осушители уже много лет используют в холодильных системах (рис. 154). Основное их назначение, которое следует из названия этого прибора, заключается в удалении влаги из хладагента. Влага в холодильной системе способствует образованию кислоты, шлама и коррозии. Фтористоводородная и хлористоводородная кислоты образуются при взаимодействии галоидзамещенных углеводородных хладагентов с небольшим количеством влаги. В холодильной системе наличие влаги может быть причиной множества неисправностей, начиная от замерзания регулирующего вентиля до возможного сгорания электродвигателя герметичного компрессора. Большое количество воды может вызвать механические повреждения холодильной системы. Крайне важно быстро и полностью удалить влагу, кислоту или шлам, которые могли образоваться в холодильной системе.

Современные осушители для жидкостной линии могут выполнять следующие функции: удаление влаги, фильтрация, удаление кислоты.

На выбор осушителя оптимального размера влияет следующее: применяемый хладагент и его количество, холодопроизводительность установки, размер трубопровода, допустимый перепад давлений. Осушитель обычно выбирают, исходя из требуемой производительности по осушке и интенсивности потока хладагента. Данные по интенсивности потока и влагоемкости осушителей предприятия-изготовители публикуют в виде таблиц для всех распространенных хладагентов. В настоящее время существуют два типа осушителей для жидкостной линии: прямоточный герметичного типа и угловой со сменным патроном.

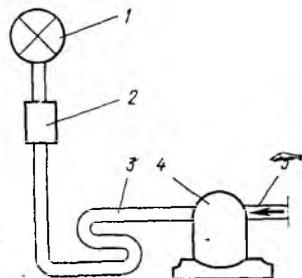


Рис. 154. Расположение осушителя:

- 1 — регулирующий вентиль;
- 2 — осушитель;
- 3 — конденсатор;
- 4 — компрессор;
- 5 — всасывающий трубопровод.

Фильтр на стороне всасывания

Соответствующий фильтр на всасывающем трубопроводе защищает компрессор, собирая посторонние примеси и препятствуя их попаданию в компрессор, где они могли бы повредить обработанные и отшлифованные детали. Фильтр устанавливают до пуска системы как можно ближе к компрессору (рис. 155). При такой установке фильтр улавливает посторонние примеси, которые присутствуют даже в том случае, когда монтаж выполнен наилучшим образом.

Выбор фильтра оптимального размера определяют следующие факторы: применяемый хладагент, размер всасывающего трубопровода, допустимый перепад давлений, назначение (для низкотемпературного или торгового оборудования или для систем кондиционирования воздуха).

Когда хладагент, размер трубопровода и назначение установки известны, фильтр выбирается в зависимости от ее холодопроизводительности.

В настоящее время применяют два типа фильтров: прямооточный герметичный и угловой со сменным патроном.

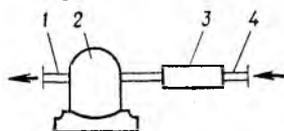


Рис. 155. Установка фильтра на всасывающем трубопроводе:

1 — нагнетательный трубопровод; 2 — компрессор; 3 — фильтр; 4 — всасывающий трубопровод.

Фильтр-осушитель на стороне всасывания

Фильтр-осушитель имеет те же преимущества, что и фильтр. Он заполнен смесью алюмогеля и цеолита, которые поглощают кислоту и влагу из пара хладагента во всасывающем трубопроводе. Большая площадь и проходное сечение фильтра-осушителя обеспечивают минимальную потерю холодопроизводительности установки.

Грубые фильтры

Грубые фильтры предназначены для удаления посторонних включений, например грязи и металлической стружки, из хладагента, проходящего по жидкостному и всасывающему трубопроводам. Эти посторонние включения могут закупорить небольшие отверстия в регулирующих и электромагнитных вентилях или попасть в компрессор.

Существует три типа грубых фильтров: прямооточный герметичный, очищаемый угловой и очищаемый У-образный.

Указатель наличия жидкого хладагента и влаги

Жидкий хладагент можно легко наблюдать через застекленное отверстие в указателе наличия хладагента и влаги (рис. 156). Появление пузырьков в указателе предупреждает

оператора или механика по обслуживанию о недостаточном количестве хладагента, о препятствии в жидкостном трубопроводе, или недостаточном охлаждении хладагента.

Индикатор влажности, имеющийся в рассматриваемом указателе, предназначен для выявления влаги в хладагенте, которая могла бы повредить систему.

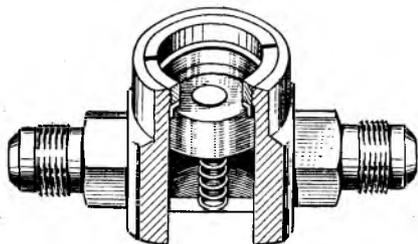


Рис. 156. Указатель наличия жидкого хладагента и влаги.

Индикатор влажности содержит влагочувствительный элемент, состоящий из пористой фильтровальной бумаги или материала, пропитанного безводной солью кобальта. Соли кобальта уникальны в том отношении, что они способны изменять свою окраску при добавлении или отводе очень малого количества

влаги. Изменение окраски — признак наличия влаги в хладагенте. Необходимо заменить осушитель, если имеется указание на то, что в системе находится влага.

Для обеспечения точности в работе указатель должен быть смонтирован на жидкостном трубопроводе (рис. 157). Чувствительный элемент показывает точное состояние хладагента только в том случае, когда установка работает и имеется поток хладагента.

При избыточном количестве воды или высокой температуре чувствительный элемент индикатора влажности обесцвечивается или повреждается и его необходимо заменить.

Маслоотделители

В любой холодильной системе всегда имеются хладагент и масло. Хладагент необходим для осуществления процесса охлаждения, а масло — для смазки компрессора. Их смешивание в различных пропорциях зависит от применяемого хладагента и давления в системе. Определенное количество масла всегда будет выходить из картера компрессора вместе с хладагентом.

Маслоотделитель является обязательным узлом низкотемпературных агрегатов и агрегатов для кондиционирования воздуха производительностью до 520 кВт. Общий КПД установки намного повышается при использовании маслоотделителя, в особенности установки с охлаждаемыми прилавками — витринами

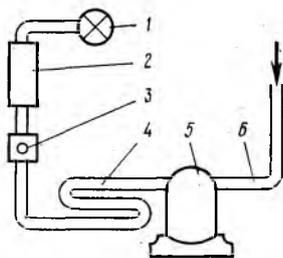


Рис. 157. Монтаж указателя наличия жидкого хладагента и влаги:

1 — регулятор потока хладагента; 2 — осушитель; 3 — указатель; 4 — конденсатор; 5 — компрессор; 6 — всасывающий трубопровод.

открытого типа в универсамах, в которой температура кипения достигает $-34 \div -40$ °С. Это же относится к промышленному и лабораторному оборудованию, работающему при температуре кипения -73 °С и ниже. Необходимо отметить, что большинство заводо-изготовителей рекомендует устанавливать маслоотделители на двухступенчатых компрессорах.

Назначение маслоотделителя. Маслоотделитель предназначен для отделения от хладагента масла, его возврата и поддержания необходимого уровня в картере компрессора. Кроме того, он предотвращает циркуляцию масла в холодильной установке или в установке для кондиционирования воздуха.

Запомните! Масло не является хладагентом и должно находиться в картере для смазки.

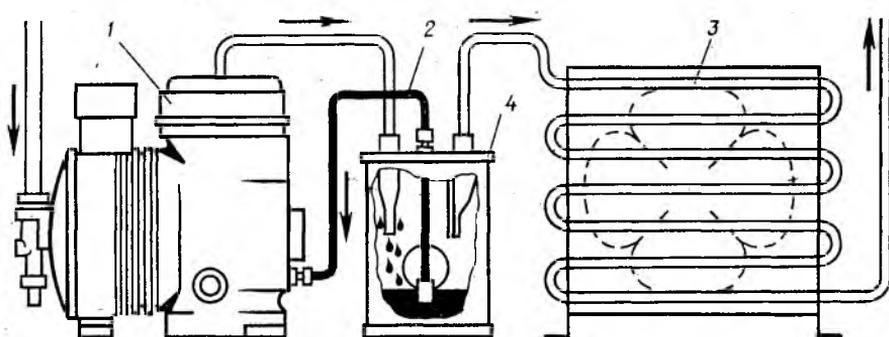


Рис. 158. Расположение маслоотделителя:

1 — компрессор; 2 — трубопровод возврата масла; 3 — конденсатор; 4 — маслоотделитель.

Работа маслоотделителя. Маслоотделитель монтируют на нагнетательном трубопроводе агрегата между компрессором и конденсатором (рис. 158). Пар, содержащий масло в виде тумана, через входное отверстие проходит во впускной отбойник. При этом поток пара, соприкасаясь с поверхностью отбойника, несколько раз меняет свое направление. Значительная часть масла находится в паре хладагента в виде мелких частиц, и они могут отделиться только при слиянии друг с другом с образованием более тяжелых частиц. Это достигается изменением скорости движения потока смеси пара и масляного тумана. Скорость движения потока снижается при входе смеси в корпус маслоотделителя. При снижении скорости движения потока частицы масла приобретают большую кинетическую энергию, чем пар хладагента. В результате этого они соединяются и оседают на внутренней поверхности маслоотделителя. Затем пар хладагента поступает в выпускной отбойник, где по мере увеличения

скорости движения потока до его первоначальной величины происходит окончательное отделение масла. Хладагент, освобожденный от масла, нагнетается в конденсатор.

Отделенное таким образом масло стекает на дно маслоотделителя, где из циркулирующего потока осаждаются различные примеси и шлам. На дне маслоотделителя имеется магнит для сбора металлических частиц и предотвращения дальнейшей их циркуляции в системе. После накопления масла до определенного уровня приподнимается поплавков и открывается игольчатый клапан, через который масло поступает в картер компрессора.

Поплавковый игольчатый клапан возврата масла расположен в нижней части маслоотделителя на таком уровне, чтобы чистое масло возвращалось в картер компрессора.

Для работы поплавкового механизма маслоотделителя требуется небольшое количество масла, которое поступает из картера компрессора.

Выбор размера маслоотделителя. Размеры всасывающего и нагнетательного трубопроводов должны обеспечивать требуемую скорость движения потока пара хладагента в системе. Основным фактором, определяющим эффективность отделения масла, является снижение скорости движения потока смеси пара и масла в маслоотделителе. Чем выше производительность компрессора, тем большим должен быть объем корпуса маслоотделителя. Снижение давления хладагента в маслоотделителе должно быть минимальным. Поэтому размеры присоединительных патрубков маслоотделителя должны быть такими же, как и нагнетательный трубопровод, или больше.

Теплообменники

Любое устройство, которое создает контакт между двумя веществами с различной температурой с целью нагревания или охлаждения одного из них, называется теплообменником. В холодильной технике теплообменник предназначен для образования теплового контакта между жидким хладагентом и всасываемым паром.

Температура хладагента в жидкостном трубопроводе обычно несколько выше комнатной. Всасываемый пар выходит из испарителя при температуре, близкой к температуре кипения хладагента. Снижение температуры жидкого хладагента перед регулятором потока приводит к уменьшению количества дроссельного пара, что повышает общий КПД холодильного агрегата. Во время процесса теплообмена жидкость, поступающая из конденсатора, переохлаждается, а жидкость, имеющаяся во всасывающем трубопроводе, испаряется.

Существует два типа небольших высокоэффективных теплообменников. Один тип теплообменника представляет собой двух-

трубный аппарат, в котором жидкий хладагент протекает в пространстве между внутренней и наружной трубами (рис. 159). Холодный всасываемый пар, поступающий с высокой скоростью, ударяется о стенки перфорированной внутренней трубы, в ре-

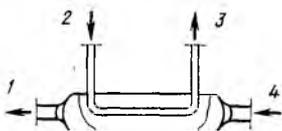


Рис. 159. Двухтрубный теплообменник:

1, 4 — соответственно патрубки выхода и входа жидкости; 2, 3 — соответственно патрубки входа и выхода всасываемого пара.

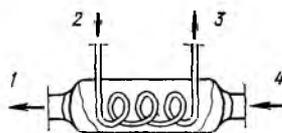


Рис. 160. Кожухозмеевиковый теплообменник:

1, 4 — соответственно патрубки выхода и входа всасываемого пара; 2, 3 — соответственно патрубки входа и выхода жидкости.

зультате чего обеспечивается высокая интенсивность теплообмена. Второй тип теплообменника представляет собой кожухозмеевиковый аппарат, в котором змеевик изготовлен из трубы малого диаметра и расположен внутри большего по диаметру трубчатого медного кожуха (рис. 160).

В обоих типах теплообменников обеспечивается отличный теплообмен. Однако, если конденсация влаги из воздуха нежелательна, рекомендуется применять двухтрубный аппарат. В связи с тем что теплый жидкий хладагент находится в наружном кожухе, а пар проходит через центральную трубу, конденсации влаги из окружающего воздуха не происходит.

Для осуществления теплообмена иногда спаивают некоторые участки жидкостного и всасывающего трубопроводов (рис. 161). Хорошо сконструированный теплообменник позволяет осуществить более полное использование поверхности испарителя.

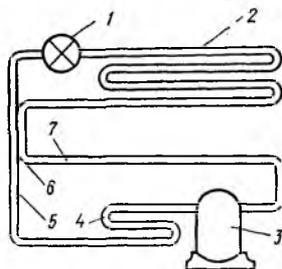


Рис. 161. Теплообменник, образованный за счет пайки жидкостного и всасывающего трубопроводов:

1 — регулятор потока хладагента; 2 — испаритель; 3 — компрессор; 4 — конденсатор; 5 — жидкостный трубопровод; 6 — пайка; 7 — всасывающий трубопровод.

Гасители вибрации

На всасывающих и нагнетательных трубопроводах часто устанавливают гасители вибрации для предотвращения передачи шума и вибрации от компрессора через трубопроводы хладагента (рис. 162).

В малых агрегатах, в которых для подачи хладагента используют мягкий медный трубопровод небольшого сечения,

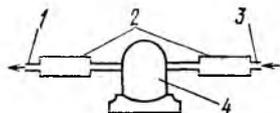


Рис. 162. Расположение гасителей вибрации:

1 — нагнетательный трубопровод; 2 — гасители вибрации; 3 — всасывающий трубопровод; 4 — компрессор.



Рис. 163. Металлический гаситель вибрации.

трубчатый компенсатор (змеевик) может обеспечить достаточную защиту от вибрации. В крупных агрегатах чаще всего применяют гибкий металлический шланг (рис. 163).

Глушители на стороне нагнетания

Для снижения шума и вибрации агрегата на стороне нагнетания устанавливают глушитель. Глушитель демпфирует пульсацию горячего пара хладагента в поршневом компрессоре. Глушитель (рис. 164) состоит из корпуса, в котором размещена перфорированная трубка с отражательными пластинами. Внутренний объем корпуса глушителя зависит от рабочего объема цилиндров компрессора. Частота и плотность звуковых волн также влияют на конструкцию глушителя.

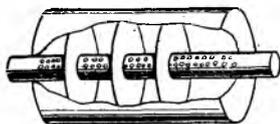


Рис. 164. Глушитель на стороне нагнетания.

В каждом поршневом компрессоре имеет место пульсация горячего пара. Пульсация пара может быть достаточно высокой и создает шум, который вредно действует на человека, но может не оказывать отрицательного влияния на установку, а также вибрацию, которая может привести к поломке трубопроводов хладагента. Шум и вибрация часто проявляются одновременно.

Рис. 165. Расположение глушителя на стороне нагнетания:

1 — компрессор; 2 — глушитель; 3 — нагнетательный трубопровод.

Глушитель монтируют на нагнетательном трубопроводе возможно ближе к компрессору. В герметичном агрегате глушитель часто монтируют в кожухе компрессора. В связи с тем что глушитель заключен в кожух, образуется естественная ловушка. Глушитель легко улавливает масло и даже жидкий хладагент. Если используют выносной глушитель, то его устанавливают на наклонном или горизонтальном трубопроводе (рис. 165).

При установке глушителя следует иметь в виду, что его неправильный выбор иногда приводит к повышению, а не к понижению уровня вибрации.

Подогреватели картера

В картер компрессора, если он смонтирован в таком месте, где температура окружающей среды ниже температуры в испарителе, во время нерабочей части цикла установки поступает повышенное количество хладагента. Это происходит из-за разности давлений в испарителе и компрессоре. Для предотвращения этого явления часто используют подогреватель картера, который поддерживает достаточно высокую температуру масла. В результате хладагент, который поступает в картер, испаряется и возникает достаточно высокое давление, что снижает поступление хладагента в картер компрессора.

Если жидкий хладагент поступает в компрессор во время нерабочей части цикла, то снижение давления всасывания при пуске компрессора приводит к выкипанию жидкости. При кипении хладагента смесь масла с хладагентом вспенивается. Часть пены выходит из картера и поступает в цилиндр, в результате чего ломаются клапаны компрессора. Хладагент ухудшает смазочные свойства масла.

Существует два типа подогревателей картера: подогреватель, монтируемый внутри картера, и подогреватель, монтируемый снаружи картера (рис. 166).

Подогреватель картера является элементом сопротивления малой мощности и постоянно находится под напряжением. Необходимо тщательно выбирать подогреватель, чтобы избежать перегрева масла в компрессоре.

Вентили компрессора

Сальниковые и бессальниковые компрессоры обычно оборудованы вентилями, причем один установлен на всасывающем штуцере компрессора, а другой — на нагнетательном. Эти вентили не выполняют какой-либо эксплуатационной функции, но они незаменимы при необходимости обслуживания любой части холодильной системы. Вентили сконструированы таким образом, что шток образует уплотнение на седле независимо от того, имеет ли он подачу вперед или назад. Шток в корпусе вентиля

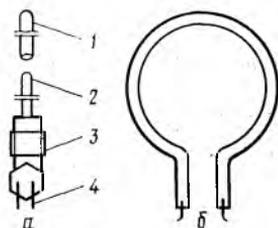


Рис. 166. Подогреватели картера компрессора:

a — монтируемый внутри картера: 1 — кожух нагревательного элемента, 2 — нагревательный элемент; 3 — уплотнительный штуцер, 4 — выводные концы; *б* — монтируемый снаружи картера.

уплотнен сальником. На рис. 167 показан вентиль, переднее седло которого вместе со штуцером для манометра ввернуто в корпус и запаяно после установки штока.

Когда вентиль полностью открыт (нормальное положение при работе компрессора), заглушку штуцера для манометра можно снять без потери хладагента. При этом положении вентиля можно заменить сальник штока без остановки компрессора.

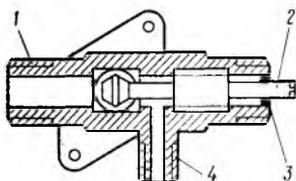


Рис. 167. Двухходовой вентиль компрессора:

1 — штуцер для присоединения к трубопроводу; 2 — шток вентиля; 3 — сальник; 4 — штуцер для манометра.

Вентили компрессора изготовляют стандартных размеров, а некоторые заводы выпускают вентили с фланцем специальных размеров (рис. 168).

Корпус вентиля куют из латуни или льют из чугуна. Отверстия в вентиле расположены так, чтобы обеспечить беспрепятственный проход потока хладагента. Каждый вентиль должен выдерживать давление 2,1 МПа.

Электромагнитные вентили

Электромагнитные вентили широко используют в холодильной технике. Они работают так же, как и ручные запорные вентили. Однако, имея электромагнит, вентили легко приводятся в действие дистанционно посредством соответствующих электрических регуляторов. Электромагнитные вентили часто используют для автоматического регулирования потока хладагента, рассола или воды. Кроме того, их применяют при необходимости автоматического поддержания низкого давления в картере компрессора.

Работа электромагнитного вентиля.

Магнит, в котором силовые линии образуются под действием электрического тока, называется электромагнитом. Этот тип магнита имеет большое значение для систем автоматического регулирования,

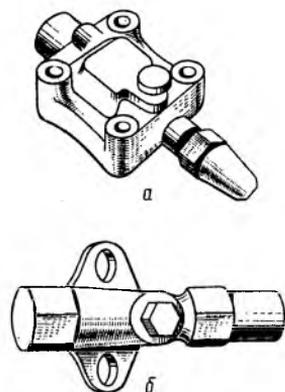


Рис. 168. Вентили компрессора:

а — одноходовой; б — фланцевый.

так как магнитное поле может быть создано или ликвидировано включением или выключением электрического тока. Электромагнитный вентиль является простой формой электромагнита, состоящего из катушки из изолированного медного провода. При питании электрическим током образуется магнитное поле, которое притягивает некоторые металлы, например чугун и многие его сплавы. Таким образом, сердечник (часто называемый плун-

жером) втягивается в катушку электромагнитного вентиля (рис. 169). Штифт в этом сердечнике предназначен для открывания или закрывания отверстия клапана при включении или выключении электромагнитной катушки.

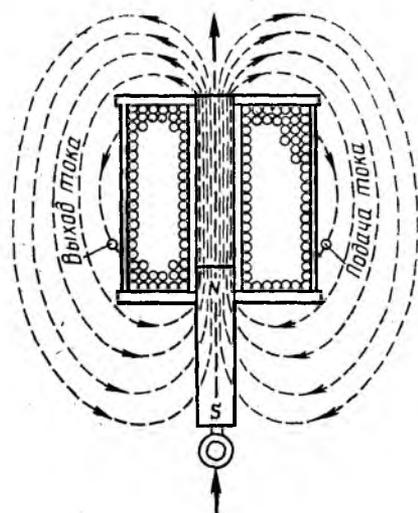


Рис. 169. Электромагнит.

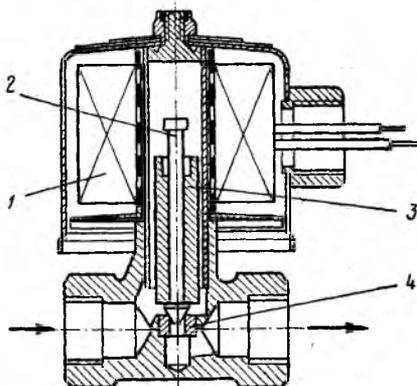


Рис. 170. Электромагнитный вентиль прямого действия:

1 — катушка; 2 — штифт; 3 — сердечник; 4 — седло.

Типы электромагнитных вентиляей. Электромагнитные вентили можно подразделить на два типа: вентиль прямого действия и вентиль с управляющим устройством. В вентиле прямого действия под воздействием магнитного поля, создаваемого электромагнитной катушкой, сердечник поднимается и вставленный в него штифт открывает отверстие в седле вентиля (рис. 170). В связи с тем что работа этого типа вентиля зависит от мощности электромагнита, размер отверстия в седле для заданной разности рабочих давлений ограничивается практическими размерами электромагнита. По-

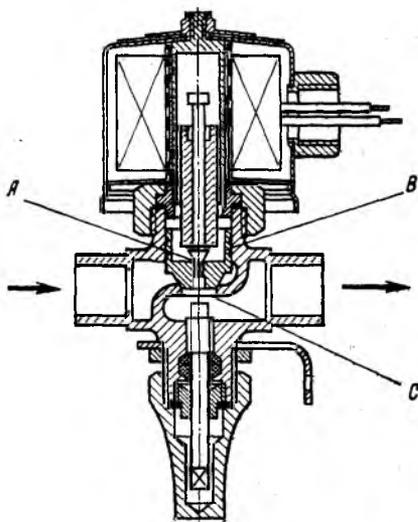


Рис. 171. Электромагнитный вентиль с управляющим устройством.

этому более крупные электромагнитные вентили обычно имеют управляющее устройство (рис. 171).

В этом типе вентиля штифт сердечника открывает не основное отверстие, а управляющее отверстие А. Сжатый газ, находящийся под поршнем В, перетекает через управляющее отверстие. Давление под поршнем становится выше, чем над ним, и за счет образовавшейся разности давлений поршень перемещается вверх, тем самым открывая главное отверстие С. При отключении катушки электромагнита штифт сердечника опускается и закрывает управляющее отверстие А. Затем давления над поршнем и под ним снова уравниваются, поршень под действием собственной массы опускается и закрывает главное отверстие. Давление над поршнем увеличивается и плотно удерживает его в закрытом положении.

Выбор электромагнитного вентиля. При выборе электромагнитного вентиля необходимо учитывать следующие характеристики: производительность, максимальную рабочую разность давлений, электрическую мощность, протечку через седло и специальные характеристики.

Вентиль должен соответствовать требуемой интенсивности потока. Если электромагнитный вентиль будет большего размера, то расход среды через него увеличивается. При меньшем размере вентиля поток хладагента будет ограниченым.

Вентиль при максимальной рабочей разности давлений должен работать в исключительных случаях. Если вентиль не открывается из-за случайной избыточной разности давлений, то это приводит к постоянной подаче тока и катушка перегорает.

Необходимо выбрать вентиль для работы на соответствующих напряжении и частоте тока. Эксплуатация вентиля при отклонении напряжения за пределы допустимой величины является причиной его отказа. Если напряжение слишком высокое, катушка перегорает. Вентиль может не открыться, если напряжение слишком низкое, а катушка также перегорает.

Если протечка через закрытый клапан допустима, то следует применять вентиль с металлическими седлом и штифтом. Вентиль с мягким седлом не очень надежен. При непрерывной работе неизбежно образуется вмятина в материале седла, что может привести к избыточной протечке среды. Седло, изготовленное из металла, имеет минимальный и равномерный износ. У этого вентиля протечка через закрытый клапан постоянна или уменьшается.

Посторонние частицы на поверхности седла являются причиной избыточной протечки, что иногда по ошибке рассматривается как признак поломки седла.

При выборе вентиля необходимо учитывать также присоединительные размеры, пропускную способность, конструкционные материалы и другие особые характеристики.

Обратные клапаны

Часто холодильные системы конструируют таким образом, что жидкий хладагент или пар проходит к нескольким узлам установки, но никогда не течет по трубопроводу в обратном направлении. Для этого в таких установках монтируют обратные клапаны (рис. 172).

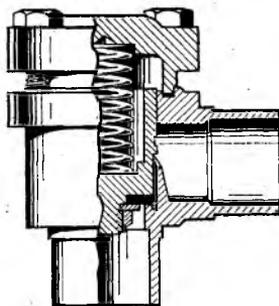
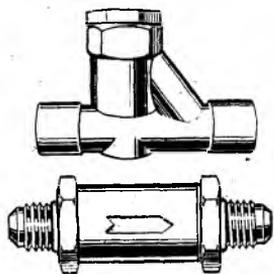


Рис. 172. Обратные клапаны.

Рис. 173. Пружинный обратный клапан.

Как видно из названия этого прибора, обратный клапан предотвращает течение хладагента в одном направлении, но обеспечивает свободный проход потока в другом направлении. Например, если два испарителя работают от одного компрессорно-конденсаторного агрегата, обратный клапан должен быть установлен на трубопроводе, идущем от низкотемпературного испарителя, чтобы предотвратить поступление всасываемого пара из высокотемпературного испарителя в низкотемпературный.

Обратный клапан ликвидирует пульсацию и обеспечивает максимальный поток хладагента, если в нем пружина имеет такое натяжение, которого достаточно для преодоления массы клапана (рис. 173).

Водорегулирующие вентили

В водяных конденсаторах обычно используют водорегулирующий вентиль с плавной характеристикой для экономии расхода воды и регулирования давления конденсации в определенном диапазоне (рис. 174). Водорегулирующие вентили могут работать по давлению или по температуре. Они регулируют поток воды в зависимости от нагрузки конденсатора.

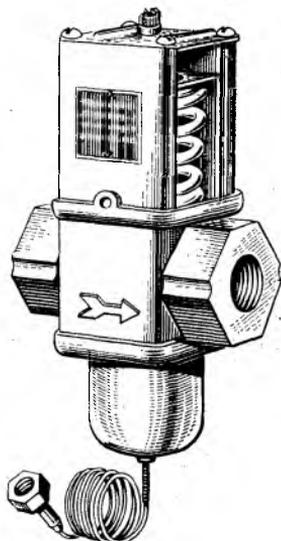


Рис. 174. Водорегулирующий вентиль.

Оптимальный размер этих вентилях является важным фактором, так как слишком большой вентиль приводит к колебаниям давления конденсации, а недостаточный создает слишком высокое давление конденсации.

Правила безопасности

Вспомогательная аппаратура — это аппараты и приборы, которые используют для того, чтобы холодильная система работала более эффективно и экономично.

1. Запрещается перерегулировать прибор, если в этом нет необходимости.

2. При выходе прибора из строя его следует заменить, а не просто демонтировать. Демонтаж прибора без его замены может снизить эффективность работы оборудования.

3. Запрещается трогать приборы на нагнетательном трубопроводе компрессора во время работы, так как они очень горячие.

4. Необходимо остерегаться приводных ремней и вращающихся частей.

5. Запрещается трогать подогреватель картера компрессора, так как это может быть причиной сильного ожога.

6. Следует избегать чрезмерных усилий при работе с вентилем, так как может сломаться шток или разрушиться вентиль. Это приведет к потере хладагента и травмам обслуживающего персонала.

7. Запрещается подогревать отделитель жидкости на всасывающем трубопроводе открытым пламенем, так как максимальное рабочее давление может быть превышено и произойдет взрыв.

8. Запрещается заменять плавкий предохранитель в ресивере на пробку.

Выводы

Поломки клапанов, шатунов, поршней, коленчатого вала и других деталей компрессора обычно являются следствием гидравлического удара.

Отделители жидкости могут предотвратить гидравлический удар посредством отделения жидкого хладагента во всасывающем трубопроводе.

Отделители жидкости следует выбирать, чтобы обеспечить низкий перепад давлений и возврат масла. Они должны иметь достаточный объем для содержания, по крайней мере, 50 % зарядки хладагента.

Осушители на жидкостном трубопроводе служат для удаления влаги из хладагента.

Современные осушители на жидкостном трубопроводе предназначены для удаления влаги, кислоты и фильтрования.

Выбор осушителя для жидкостного трубопровода зависит от применяемого хладагента и его количества, холодопроизводительности системы, размера трубопровода, допустимого перепада давлений.

Применяют два типа осушителей для жидкостного трубопровода: прямоточный, угловой со сменным патроном.

Фильтр на всасывающем трубопроводе предупреждает попадание посторонних частиц в компрессор.

На выбор фильтра на всасывающем трубопроводе влияют следующие

факторы: применяемый хладагент, размер всасывающего трубопровода, допустимый перепад давлений, назначение системы.

Применяют следующие два типа фильтров на всасывающем трубопроводе: прямоточный, угловой со сменным патроном.

Фильтр-осушитель удаляет из системы загрязнения, кислоту и влагу.

Грубые фильтры задерживают такие посторонние включения, как грязь, металлическую стружку и другие примеси, поступающие из трубопроводов хладагента.

Применяют следующие три типа грубых фильтров: прямоточный, очищаемый угловой, очищаемый У-образный.

Указатели наличия влаги и жидкого хладагента, монтируемые на жидкостном трубопроводе, предназначены для определения количества хладагента и влаги в холодильной системе.

Маслоотделитель монтируют на нагнетательном трубопроводе между компрессором и конденсатором.

Маслоотделитель предназначен для поддержания требуемого уровня масла в компрессоре, отделения масла от хладагента и возврата его в компрессор.

В маслоотделителе снижается скорость движения потока смеси хладагента и масла, в результате чего более тяжелое масло осаждается и собирается на дне маслоотделителя, откуда оно подается обратно в компрессор.

При выборе маслоотделителя необходимо помнить, что чем выше производительность компрессора, тем большим должен быть объем корпуса маслоотделителя.

Любое устройство, предназначенное для создания контакта между двумя веществами, имеющими различные температуры, с целью нагревания или охлаждения, называется теплообменником.

Теплообменники используют для повышения производительности холодильных систем посредством создания контакта между жидким хладагентом и всасываемым паром.

Гасители вибрации используют для предотвращения распространения шума и вибрации от компрессора через холодильные трубопроводы.

Глушители на трубопроводе нагнетания применяют для снижения передачи шума до минимума или в том случае, если пульсация в компрессоре может быть причиной вибрации.

Глушитель монтируют на нагнетательном трубопроводе как можно ближе к компрессору.

Результатом неправильного выбора глушителя иногда является повышение, а не снижение уровня вибрации.

Подогреватели картера используют для предотвращения поступления хладагента в картер компрессора во время нерабочей части цикла, если последний смонтирован в более холодном месте, чем испаритель.

Подогреватели картера являются элементами сопротивления малой мощности, они включены постоянно. Их следует тщательно выбирать для предотвращения перегрева масла в компрессоре.

Вентили компрессора используют для зарядки системы хладагентом или маслом, а также для выполнения других операций при обслуживании.

Электромагнитные вентили предназначены для выполнения тех же функций, что и ручные запорные вентили.

Применяют два типа электромагнитных вентиляей: прямого действия и с управляющим устройством.

Обратные клапаны предотвращают течение хладагента в одном направлении, но обеспечивают свободный поток в другом.

Водорегулирующие вентили используют для регулирования давления конденсации и экономии воды в водяных конденсаторах.

Контрольные вопросы

1. К чему приводит наличие хладагента в картере компрессора?
2. Для чего предназначены отделители жидкости?

3. На что указывает сломанный клапан в компрессоре?
4. Где должен быть смонтирован отделитель жидкости?
5. Сколько хладагента должен содержать отделитель жидкости?
6. Сколько влаги может содержать холодильная система?
7. Назначение осушителя.
8. Назовите три функции современных осушителей.
9. Какие четыре фактора влияют на выбор осушителя?
10. Назовите два типа осушителей для жидкостной линии.
11. Как фильтр, установленный на всасывающем трубопроводе, защищает компрессор?
12. Какие четыре фактора влияют на выбор фильтра для всасывающего трубопровода?
13. Какие два типа фильтров применяют на всасывающем трубопроводе?
14. Почему фильтр-осушитель имеет больше преимуществ, чем фильтр на всасывающем трубопроводе?
15. Назначение грубого фильтра хладагента.
16. Где монтируют указатель наличия влаги и жидкого хладагента?
17. Назначение указателя наличия влаги.
18. Может ли избыточное количество влаги обесцветить индикатор влажности?
19. Как работает маслоотделитель?
20. Назначение маслоотделителя.
21. Почему маслоотделитель необходим на некоторых установках?
22. Как выбирают маслоотделители?
23. Для чего служит теплообменник?
24. Как работает теплообменник?
25. Как теплообменник повышает производительность холодильной системы?
26. Как выбирают теплообменник?
27. Что такое гаситель вибрации?
28. Где монтируют гаситель вибрации?
29. Назначение глушителя на нагнетательном трубопроводе.
30. Что является следствием неправильного выбора размера глушителя на нагнетательном трубопроводе?
31. Где монтируют подогреватель картера?
32. Назовите два типа подогревателей картера?
33. Как работает подогреватель картера?
34. Что обеспечивает движение сердечника в электромагнитном вентиле?
35. Назовите два типа электромагнитных вентилях.
36. Какие характеристики должны быть приняты во внимание при выборе электромагнитного вентиля?
37. Назначение обратного клапана.
38. Где используют обратные клапаны?
39. Назначение водорегулирующего вентиля.

Глава 8. Холодильные агенты

Газы и жидкости, используемые в холодильных системах, называются холодильными агентами. Жидкий хладагент, находящийся в испарителе, поглощает тепло от окружающих объектов и кипит. Для повторного использования хладагента необходимо, чтобы образовавшийся в испарителе пар был сжат и превращен в жидкость (сконденсирован), что и осуществляется в холодильном агрегате. Существует множество хладагентов, но здесь будут рассматриваться только наиболее распространенные фторированные хладагенты.

Для практических целей сформулируем определение хладагента следующим образом: хладагент — вещество, которое поглощает тепло во время процесса кипения при низких температуре и давлении и отдает это тепло во время конденсации при более высоких температуре и давлении.

Характеристика хладагентов

Большинство хладагентов при атмосферном давлении и температуре окружающей среды находятся в парообразном состоянии. Для сжижения пара необходимо подвергнуть его сжатию и охлаждению в компрессорно-конденсаторном агрегате холодильной системы. В холодильной машине агент находится в виде жидкости или пара (газа). Слова «газ» и «пар» обычно взаимозаменяемы, но, если быть технически точным, необходимо пояснить, что газ, имеющий температуру, близкую к температуре конденсации, называется паром. Все вещества имеют жидкую и паровую фазы. Некоторые вещества характеризуются высокой температурой кипения. Это означает, что они существуют в виде пара только при нагревании до высокой температуры или при вакууме. Вещества, которые имеют низкую температуру кипения, находятся в парообразном состоянии при комнатной температуре и атмосферном давлении. Многие распространенные хладагенты, например группа фреонов, относятся к этой категории.

Вода — вещество, которое при атмосферном давлении и температуре окружающей среды существует в виде жидкости. Температура кипения воды равна $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ при атмосферном давлении на уровне моря. Если воду оставить в открытом сосуде, она медленно испаряется. Если ее нагреть и повысить температуру до точки кипения, она будет очень быстро испаряться. Вода переходит в этом случае в паровую фазу. Если вода кипит в открытом сосуде, ее температура не поднимается выше $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Все подводимое тепло используется для процесса кипения или превращения воды в пар.

При нахождении жидкого хладагента в открытом сосуде он немедленно начнет бурно кипеть и превращаться в пар, но при очень низкой температуре. Жидкий R12 при атмосферном давлении кипит при температуре $-29,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для процесса кипения он поглощает достаточное количество тепла из сосуда и окружающего воздуха. Нет необходимости в подогреве, как в случае с водой.

Испаряющийся хладагент поглощает такое количество тепла, которое равно количеству энергии, необходимому для его превращения из жидкости в пар. Каждый килограмм хладагента поглощает такое количество тепла, которое равно его скрытой теплоте парообразования.

Влияние давления на температуру кипения

Температура кипения любой жидкости может быть повышена или понижена в зависимости от величины давления в сосуде, где она находится. Чем выше давление, тем выше температура кипения, и, наоборот, чем ниже давление, тем температура кипения ниже. Таким образом, жидкость может кипеть при низкой температуре, если она находится в вакууме.

В холодильном агрегате некоторые хладагенты (табл. 8) находятся под высоким давлением.

Таблица 8. Температура кипения фторированных хладагентов

Хладагент	Химическая формула	Молекулярная масса	Температура кипения, °С
R14	CF_4	88	-128
R23	CHF_3	70	-82,1
R13	$CClF_3$	104,5	-81,4
R116	CF_3-CF_3	138	-78,2
R13B1	$CBrF_3$	248,9	-57,8
R502	$CHClF_2/CHClF_2-CF_3$ (48,8/51,2% по массе)	121,2	-45,6
R22	$CHClF_2$	86,5	-40,8
R115	$CClF_2-CF_3$	154,5	-38,7
R12	CCl_2F_2	120,9	-29,8
R318	C_4F_8 (циклический)	200	-5,8
R114	$CClF_2-CClF_2$	170,9	3,6
R21	$CHCl_2F$	102,9	8,9
R11	CCl_2F	137,4	23,8
R114B2	$CBrF_2-CClF_2$	259,9	47,5
R113	$CCl_2F-CClF_2$	187,5	47,6
R112	CCl_2F-CCl_2F	203,9	98,2

Энергия, потребляемая холодильным агрегатом, работающим на R112, расходуется в основном для сжатия парообразного хладагента. R14 и R502 являются хладагентами, которые не имеют таких высоких давлений. R12, R22, R500 и R502 используют в большинстве бытовых и малых торговых холодильных агрегатов.

Критическая температура

Критическая температура пара — это температура, выше которой пар не может быть превращен в жидкость независимо от величины давления. Если нагревать пар до температуры выше критической, движение молекул становится настолько интенсивным, что давление не может обеспечить между ними достаточного контакта для образования капель жидкости.

Хладагенты, используемые в холодильных агрегатах, переходят из жидкой фазы в паровую и опять в жидкую фазу во время холодильного цикла. Поэтому для обеспечения фазы сжижения в холодильном цикле хладагент следует использовать при тем-

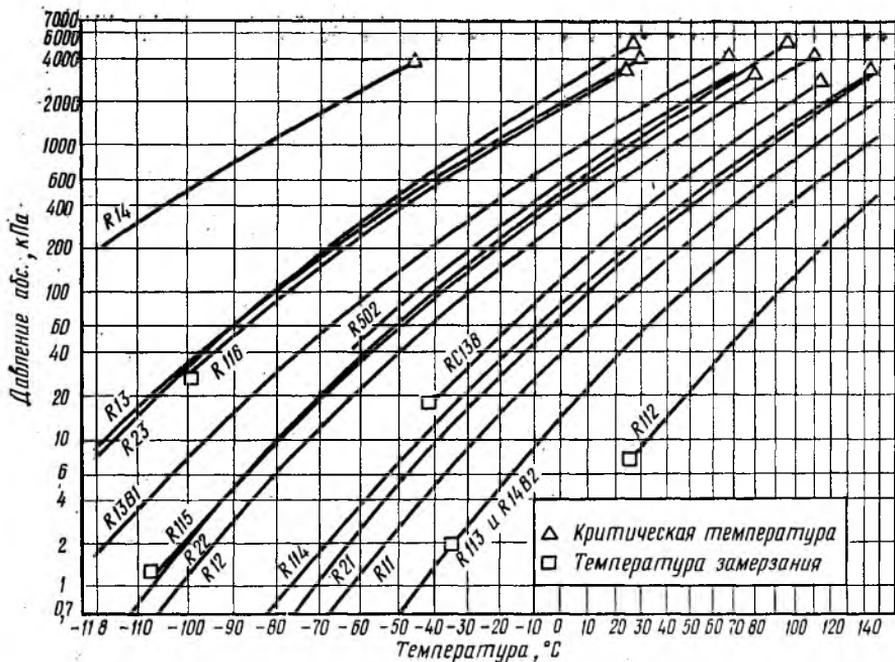


Рис. 175. Диаграмма хладагентов в состоянии насыщения.

пературе ниже критической. Критические температуры фторированных хладагентов приведены ниже.

Хладагент	R11	R12	R22	R502
Критическая температура, °C	198	112	96	90,1

Когда температура пара понижена, величина давления, требуемая для осуществления процесса сжижения, уменьшается. Из этого можно сделать вывод, что для каждого значения температуры ниже критической существует соответствующее давление, при котором происходит сжижение хладагента.

Существуют графики, показывающие соотношение между температурой и давлением, при которых пар хладагента сжижается (рис. 175).

Например, если мы работаем на R12 при 26 °C, то чему равно давление насыщения? Найдите 26 °C на графике, следуйте этой линии по вертикали до пересечения с кривой для R12. Слева прочитайте величину абсолютного давления. Вы обнаружите, что для R12 при этой температуре абсолютное давление равно 0,67 МПа. Это давление, которое требуется для сжижения хладагента при 26 °C.

Стандартные условия

Производительность любого холодильного агрегата зависит от температуры хладагента на сторонах высокого и низкого давлений системы. Скрытая теплота парообразования хладагента,

его давления конденсации и кипения также зависят от температуры хладагента. Имеются определенные стандарты для сравнения различных хладагентов и холодильных агрегатов. В холодильной промышленности разработаны условия, известные под названием стандартных условий в различных точках холодильного цикла: температура кипения -15°C ; температура жидкости перед регулятором потока 25°C ; температура всасывания пара -10°C . Используя эти стандартные условия, можно сделать правильные выводы при сравнении любых двух хладагентов.

Давление конденсации

Давление конденсации зависит от температуры сжижения пара. В практических условиях, если это возможно, желательно избегать высоких давлений конденсации. Обычно водяной конденсатор работает при более низких температуре и давлении конденсации, чем воздушный. В связи с этим имеется некоторая разница в рабочем давлении этих двух типов конденсаторов. Можно принять, что температура конденсации в агрегате с воздушным охлаждением примерно на $14-19^{\circ}\text{C}$ выше температуры окружающей среды. Действительные температура и давление, однако, зависят от эффективности конденсатора, его расположения и чистоты поверхности, обдува воздухом. При использовании водяных конденсаторов температура конденсации обычно ниже температуры окружающего воздуха. Поэтому давление конденсации в водяном конденсаторе ниже давления конденсации в воздушном конденсаторе.

Давления насыщения, показанные на рис. 175, не должны рассматриваться в качестве рабочих давлений нагнетания в холодильном агрегате. Если в конденсаторе должен осуществляться процесс конденсации, то температура конденсации (и соответствующее ей давление) хладагента будет выше температуры среды, которая используется для охлаждения конденсатора, так как добавляется теплота сжатия.

Давление кипения

Давление и температура кипения хладагента являются важными факторами. В большинстве домашних холодильников температура кипения составляет примерно -15°C . Это та же температура, которая установлена для стандартных условий, используемых для сравнения различных хладагентов и холодильных агрегатов. В общем случае требуется такой хладагент, у которого давление кипения примерно равно атмосферному. Давления кипения (абсолютные) хладагентов при -15°C приведены ниже.

Хладагент	R11	R12	R22	R500	R502
Давление при -15°C , кПа	202,5	183	296,6	210,8	349,3

Таблица 9. Соотношение между температурой и давлением хладагентов в состоянии насыщения

Температура, °C	Давление абсолютное, 10 ⁵ Па				Температура, °C	Давление абсолютное, 10 ⁵ Па			
	R12	R22	R502	R717 (аммиак)		R12	R22	R502	R717 (аммиак)
-100	—	0,0199	—	—	-49	0,4127	0,6799	0,8597	0,43234
-99	—	0,0218	—	—	-48	0,4345	0,7152	0,9021	0,45829
-98	—	0,0239	—	—	-47	0,4571	0,752	0,946	0,48551
-97	—	0,0262	—	—	-46	0,4806	0,7903	0,9916	0,51406
-96	—	0,0286	—	—	-45	0,5051	0,8302	1,039	0,54398
-95	—	0,0313	—	—	-44	0,5306	0,8715	1,0881	0,57532
-94	—	0,0341	—	—	-43	0,5571	0,9145	1,1391	0,60813
-93	—	0,0372	—	—	-42	0,5847	0,9592	1,1919	0,64246
-92	—	0,0405	—	—	-41	0,6133	1,006	1,2465	0,67837
-91	—	0,044	—	—	-40	0,643	1,054	1,3032	0,71591
-90	—	0,0478	—	—	-39	0,6738	1,104	1,3617	0,75513
-89	—	0,0519	—	—	-38	0,7057	1,155	1,4224	0,7961
-88	—	0,0563	—	—	-37	0,7389	1,209	1,4851	0,83886
-87	—	0,0609	—	—	-36	0,7732	1,265	1,55	0,88348
-86	—	0,0659	—	—	-35	0,8088	1,322	1,617	0,93002
-85	—	0,0712	0,1012	—	-34	0,8457	1,382	1,6863	0,97853
-84	—	0,0768	0,1094	—	-33	0,8839	1,443	1,7578	1,0291
-83	—	0,0829	0,1173	—	-32	0,9234	1,507	1,8317	1,0817
-82	—	0,0893	0,1258	—	-31	0,9643	1,573	1,9079	1,1365
-81	—	0,0961	0,1346	—	-30	1,006	1,641	1,9866	1,5145
-80	—	0,1034	0,1462	—	-29	1,05	1,712	2,0678	1,5863
-79	—	0,1111	0,1563	—	-28	1,095	1,784	2,1514	1,6609
-78	—	0,1193	0,1671	—	-27	1,142	1,86	2,2377	1,7382
-77	—	0,128	0,1783	0,06427	-26	1,19	1,937	2,3266	1,8184
-76	—	0,1372	0,1874	0,06952	-25	1,24	2,017	2,4182	1,936
-75	0,0879	0,1469	0,2028	0,07513	-24	1,291	2,1	2,5124	1,2529
-74	0,094	0,1572	0,2162	0,08113	-23	1,344	2,185	2,6095	1,3146
-73	0,1006	0,1681	0,2302	0,08753	-22	1,399	2,273	2,7094	1,3787
-72	0,1075	0,1796	0,2449	0,09436	-21	1,455	2,363	2,8122	1,4453
-71	0,1148	0,1917	0,2604	0,10164	-20	1,513	2,456	2,918	1,9015
-70	0,1226	0,2045	0,2767	0,10938	-19	1,573	2,552	3,0268	1,9876
-69	0,1307	0,218	0,2938	0,11763	-18	1,634	2,651	3,1386	2,0767
-68	0,1393	0,2322	0,3117	0,12639	-17	1,698	2,753	3,2534	2,1691
-67	0,1484	0,2471	0,3305	0,1357	-16	1,763	2,858	3,3715	2,2647
-66	0,1579	0,2629	0,3502	0,14559	-15	1,83	2,966	3,4928	2,3636
-65	0,1679	0,2794	0,371	0,15608	-14	1,899	3,076	3,6173	2,4659
-64	0,1785	0,2968	0,3927	0,1672	-13	1,97	3,19	3,7452	2,5716
-63	0,1897	0,315	0,4154	0,17898	-12	2,044	3,308	3,8764	2,681
-62	0,2012	0,3341	0,4391	0,19145	-11	2,119	3,428	4,0112	2,7939
-61	0,2134	0,3541	0,4639	0,20464	-10	2,196	3,552	4,1493	2,9106
-60	0,2262	0,3752	0,4899	0,21859	-9	2,275	3,679	4,291	3,0312
-59	0,2396	0,3972	0,517	0,23333	-8	2,357	3,809	4,4364	3,1556
-58	0,2537	0,4202	0,5452	0,2489	-7	2,44	3,943	4,5853	3,284
-57	0,2634	0,4443	0,5747	0,26533	-6	2,526	4,081	4,7361	3,4164
-56	0,2838	0,4695	0,6055	0,28265	-5	2,614	4,222	4,8945	3,5531
-55	0,2999	0,4958	0,6376	0,30091	-4	2,705	4,367	5,0549	3,6939
-54	0,3168	0,5234	0,671	0,32014	-3	2,798	4,515	5,2191	3,8391
-53	0,3344	0,5521	0,7058	0,34038	-2	2,893	4,667	5,3873	3,9888
-52	0,3527	0,5821	0,7421	0,36168	-1	2,99	4,823	5,5694	4,1429
-51	0,3719	0,6134	0,7798	0,38408	0	3,091	4,983	5,7358	4,3017
-50	0,3919	0,6459	0,819	0,40762	1	3,193	5,147	5,9161	4,4652

Температура, °С	Давление абсолютное, 10 ⁵ Па				Температура, °С	Давление абсолютное, 10 ⁵ Па			
	R12	R22	R502	R717 (аммиак)		R12	R22	R502	R717 (аммиак)
2	3,298	5,315	6,1007	4,6334	32	7,882	12,539	13,9	12,4
3	3,406	5,487	6,2994	4,8066	33	8,036	12,864	14,2467	12,767
4	3,516	5,663	6,4826	4,9847	34	8,244	13,196	14,5997	13,141
5	3,629	5,844	6,5639	5,1679	35	8,456	13,532	14,9592	13,525
6	3,745	6,026	6,882	5,3563	36	8,672	13,876	15,3253	13,916
7	3,863	6,217	6,0884	5,5499	37	8,892	14,226	15,5979	14,316
8	3,984	6,411	7,2602	5,7489	38	9,116	14,582	16,0774	14,724
9	4,108	6,608	7,515	5,9534	39	9,344	14,945	16,4835	15,141
10	4,235	6,811	7,7352	6,1635	40	9,577	15,315	16,8567	15,567
11	4,365	7,018	7,9603	6,3792	41	9,814	15,691	17,2567	16,002
12	4,497	7,229	8,1901	6,0007	42	10,06	16,074	17,6639	16,446
13	4,633	7,445	8,4248	6,828	43	10,3	16,464	18,0782	16,899
14	4,772	7,667	8,6644	7,0613	44	10,55	16,862	18,4998	17,362
15	4,913	7,892	8,9091	7,3007	45	10,8	17,266	18,9287	17,834
16	5,058	8,123	9,1588	7,5462	46	11,06	17,677	19,3651	18,315
17	5,206	8,359	9,4136	7,798	47	11,33	18,095	19,809	18,806
18	5,357	8,6	9,6737	8,0562	48	11,59	18,521	20,2606	19,307
19	5,511	8,846	9,939	8,3209	49	11,87	18,954	20,7199	19,818
20	5,689	9,097	10,2097	8,5922	50	12,14	19,395	21,1871	20,338
21	5,83	8,353	10,4857	8,8701	51	12,43	19,843	21,55	20,869
22	5,994	9,615	10,7673	9,1548	52	12,71	20,299	22,03	21,411
23	6,162	9,882	11,0544	9,4465	53	13	20,763	22,51	21,962
24	6,333	10,154	11,3471	9,7452	54	13,3	21,235	22,3	22,525
25	6,508	10,432	11,6455	10,051	55	13,6	21,714	23,3	23,098
26	6,686	10,716	11,9496	10,364	56	13,91	22,202	23,7	23,681
27	6,868	11,005	12,2697	10,684	57	14,22	22,698	24,3	24,276
28	7,053	11,3	12,5756	11,012	58	14,54	23,202	24,8	24,882
29	7,242	11,601	12,8976	11,347	59	14,86	23,715	25,4	25,499
30	7,435	11,908	13,2256	11,69	60	15,19	24,236	26	26,127
31	7,631	12,221	13,5597	12,041					

Хладагент, который кипит при вакууме, непрактичен из-за возможности проникновения воздуха в систему. Воздух не конденсируется и создает очень высокое давление конденсации, которое снижает эффективность холодильного агрегата. При использовании в установке хладагента с давлением кипения выше атмосферного воздух не попадает в систему через неплотность.

Необходимо отметить, что в большинстве случаев давления в испарителе и на стороне всасывания системы одинаковы. Кроме того, температура кипящего хладагента будет соответствовать давлению в испарителе, или на стороне всасывания системы (табл. 9).

Скрытая теплота парообразования

Количество тепла, требуемое для превращения 1 кг жидкости в пар при постоянной температуре, называется скрытой теплотой парообразования. Для превращения 1 кг воды в пар при 100 °С

и атмосферном давлении она должна поглотить 2260 кДж тепла. Это количество тепла является скрытой теплотой парообразования 1 кг воды при атмосферном давлении.

Любой хладагент при кипении в испарителе должен поглотить тепло из охлаждаемого пространства в таком количестве, которое равно его скрытой теплоте парообразования. Скрытая теплота парообразования некоторых хладагентов при -15°C приведена ниже. Когда хладагент имеет высокую скрытую теплоту, он поглощает больше тепла, чем хладагент с более низкой скрытой теплотой парообразования. Таким образом, при использовании хладагента с высокой скрытой теплотой парообразования можно применять меньшие компрессор, конденсатор и испаритель.

Хладагент	R11	R12	R22	R500	R502
Скрытая теплота парообразования, кДж/кг	195,57	159,28	215,79	189,87	157,8

Скрытая теплота парообразования жидкости колеблется в зависимости от температуры и давления, при которых происходит кипение. Она увеличивается при более низких температуре и давлении.

Применяемые хладагенты

Существует много хладагентов, которые применяют в промышленности. На ранней стадии развития холодильной техники использовали аммиак, сернистый ангидрид, хлористый метил, пропан и этан. Аммиак все еще используют в крупных установках. Остальные агенты не применяют из-за их токсичности, взрывоопасности и других отрицательных характеристик. В торговом холодильном оборудовании и в системах кондиционирования воздуха, работающих с поршневыми компрессорами, в настоящее время используют R12, R22, R500 и R502, а в центробежных компрессорах — R11.

Хладагент R11. Его химическая формула CCl_3F (монофтортрихлорметан). R11 является синтетическим химическим продуктом. Это стойкий и невоспламеняющийся агент с очень низкой степенью токсичности.

Характеристика хладагента R11 приведена ниже.

Давление, кПа	
в испарителе при -15°C	20,25
в конденсаторе при 30°C	126,3
Степень сжатия	6,24
Скрытая теплота парообразования при -15°C , кДж/кг	194,19
Холодопроизводительность нетто, Вт·ч/кг	43,1
Количество циркулирующего хладагента на 1000 Вт холодопроизводительности, кг/ч	23,1
Объем насыщенной жидкости при 30°C , м ³ /кг	0,6832
Количество циркулирующей жидкости на 1000 Вт холодопроизводительности, м ³ /ч	0,0162

Плотность насыщенного пара, м ³ /кг	
при —15 °С	0,7644
» 30 °С	0,1397
Объемная производительность компрессора на 1000 Вт холодопроизводительности, м ³ /ч	17,63
Холодопроизводительность на 1 м ³ рабочего объема цилиндров компрессора, Вт	46,3
Теплота сжатия, кДж/кг	30,917
Температура нагнетания в компрессоре, °С	43,9
Мощность на 1000 Вт холодопроизводительности, кВт	0,198

Температура кипения этого хладагента при атмосферном давлении равна 23 °С.

R11 можно использовать в качестве моющего средства для очистки систем, загрязненных в результате сгорания встроенного электродвигателя компрессора, а также для удаления влаги. Это очень дорогостоящий способ, и его следует применять только в исключительных случаях. Для очистки загрязненных систем рекомендуется тщательно их вакуумировать, заменять осушители и отбирать пробы масла. Утечку обнаруживают галогидной лампой, электронным течеискателем или с помощью обмыливания соединений.

Хладагент R12. Его химическая формула CCl_2F_2 (дифтордихлорметан). R12 является хладагентом, который используют почти во всех областях холодильной техники и в системах кондиционирования воздуха. Характеристика хладагента R12 приведена ниже.

Давление, МПа	
в испарителе при —15 °С	0,183
в конденсаторе при 30 °С	0,7435
Степень сжатия	4,08
Скрытая теплота парообразования при —15 °С, кДж/кг	159,28
Холодопроизводительность нетто, Вт·ч/кг	32,3
Количество циркулирующего хладагента на 1000 Вт холодопроизводительности, кг/ч	3,09
Объем насыщенной жидкости при 30 °С, м ³ /кг	0,7748
Количество циркулирующей жидкости на 1000 Вт холодопроизводительности, м ³ /ч	0,0245
Плотность насыщенного пара, кг/м ³	
при —15 °С	10,96
» 30 °С	42,08
Объемная производительность компрессора на 1000 Вт холодопроизводительности, м ³ /ч	2,81
Холодопроизводительность на 1 м ³ рабочего объема цилиндров компрессора, Вт	290,3
Теплота сжатия, кДж/кг	24,739
Температура нагнетания в компрессоре, °С	38,01
Мощность на 1000 Вт холодопроизводительности, кВт	0,212

R12 почти не имеет запаха, но при большой концентрации его в воздухе ощущается незначительный сладковатый запах. Критическая температура R12 равна 112 °С. В паровой и жидкой фазах он бесцветен. Это нетоксичный, невоспламеняющийся, раздражающий хладагент. Он не вступает в реакцию

с обычными металлами даже в присутствии воды, стойкий при всех условиях и температурах, обычно имеющих место в холодильной технике. R12 растворяет смазочное масло в любом соотношении, а масло в свою очередь абсорбирует пар хладагента. В испарителе не происходит разделения смеси хладагента и масла. Не образуется слой масла, который мог бы препятствовать кипению хладагента.

R12 растворяется в воде крайне незначительно. Именно это свойство предотвращает коррозию металлов в присутствии воды. Утечку R12 обнаруживают с помощью галоидной лампы, электронного течеискателя или обмыливанием. В присутствии R12 пламя галоидной лампы приобретает сине-зеленый оттенок.

Хладагент R22. Его химическая формула CHClF_2 (дифтор-монохлорметан). R22 является хладагентом, который был создан для холодильных установок, работающих при низкой температуре кипения. По большинству физических свойств он подобен R12. Однако его давление насыщения выше, чем у R12 при тех же температурах. Он характеризуется более низким удельным объемом, чем R12, и поэтому имеет более высокую холодопроизводительность. Характеристика R22 приведена ниже.

Давление, МПа	
в испарителе при -15°C	0,2966
в конденсаторе при 30°C	1,1908
Степень сжатия	4,01
Скрытая теплота парообразования при -15°C , кДж/кг	215,79
Холодопроизводительность нетто, Вт·ч/кг	45,2
Количество циркулирующего хладагента на 1000 Вт холодопроизводительности, кг/ч	22,2
Объем насыщенной жидкости при 30°C , $\text{м}^3/\text{кг}$	0,8515
Количество циркулирующей жидкости на 1000 Вт холодопроизводительности, $\text{м}^3/\text{ч}$	0,0192
Плотность насыщенного пара, $\text{кг}/\text{м}^3$	
при -15°C	77,29
» 30°C	19,70
Объемная производительность компрессора на 1000 Вт холодопроизводительности, $\text{м}^3/\text{ч}$	1,71
Холодопроизводительность на 1 м^3 рабочего объема цилиндров компрессора, Вт	476,5
Теплота сжатия, кДж/кг	34,941
Температура нагнетания в компрессоре, $^\circ\text{C}$	52,6
Мощность на 1000 Вт холодопроизводительности, кВт	0,662

R22 — нетоксичный, невоспламеняющийся, некорродирующий и нераздражающий хладагент. При нормальных рабочих условиях — это стойкий хладагент. Однако в связи с низкой температурой кипения и высокой степенью сжатия температура нагнетания R22 может возрасти настолько, что компрессор в низкотемпературных установках выходит из строя.

R22 обычно используют в оборудовании, в котором уменьшение размеров и экономия эксплуатационных расходов являются важнейшими факторами, например в агрегатированных кондиционерах. Если температура кипения R22 достигает

—40 °С, масло начинает отделяться от хладагента с образованием пленки на поверхности, которая отрицательно влияет на процесс кипения.

Утечки R22 обнаруживают с помощью галоидной лампы, обмыливанием и электронным течеискателем.

Хладагент R500. Его химическая формула $\text{CCl}_2\text{F}_2/\text{CH}_3\text{CHF}_2$. Хладагент является азеотропной смесью R152 (26,2 %) и R12 (73,8 %). Азеотроп — это научное название специфической смеси различных веществ, обладающей свойствами, отличными от свойств каждого вещества в отдельности. Такая смесь может кипеть и конденсироваться без изменения состава. Кривая упругости и температуры пара довольно постоянна и отличается от кривой для каждого компонента смеси. Для компрессора с одним рабочим объемом цилиндров азеотропная смесь обеспечивает на 20 % больше холодопроизводительности, чем R12. Хладагент R500 имеет давление кипения 0,137 МПа при —15 °С. Давление конденсации равно 0,779 МПа при 30 °С. Температура кипения при атмосферном давлении равна —33 °С, а величина скрытой теплоты парообразования — 189,87 кДж/кг при —15 °С.

R500 используют в торговом и промышленном холодильном оборудовании и только с поршневыми компрессорами. Его применяют также в установках, чтобы получить большую холодопроизводительность, чем при использовании R12.

R500 довольно хорошо растворяется в масле и плохо в воде. В связи с этим рекомендуется удалять влагу из этого агента с помощью осушителей.

Утечку R500 обнаруживают посредством галоидной лампы, обмыливанием или электронным течеискателем.

Хладагент R502. Его химическая формула $\text{CHCl}_2/\text{CClF}_2\text{CF}_3$. R502 — азеотропная смесь R22 (48,8 %) и R115 (51,2%). По большинству своих физических свойств R502 подобен R12 и R22. Скрытая теплота парообразования равна 166,93 кДж/кг. Холодопроизводительность этого агента сравнима с холодопроизводительностью R22, однако при низких температурах она обычно выше. Температура кипения при атмосферном давлении равна —46 °С. Характеристика R502 приведена ниже.

Температура, °С	
кипения	—29
всасываемого пара	18,3
конденсации	49
Давление, МПа	
в испарителе	0,207
в конденсаторе	2,072
Степень сжатия	10,02
Холодопроизводительность нетто *, Вт·ч/кг	29,24
Объем насыщенной жидкости при 49 °С, м ³ /кг	0,664
Количество циркулирующей жидкости на 1000 Вт холодопроизводительности, м ³ /ч	0,0321
Плотность пара при 18,3 °С **, кг/м ³	9,8753

Объемная производительность компрессора на 1000 Вт холодопроизводительности, м ³ /ч	3,46
Холодопроизводительность, Вт/м ³	236
Теплота сжатия, кДж/кг	52,382
Температура нагнетания в компрессоре, °С	93,3
Мощность на 1000 Вт холодопроизводительности, кВт	0,495

* Энтальпия пара при 18,3 °С и давлении в испарителе, энтальпия жидкости при 48,9 °С.

** Принимается, что пар на входе в цилиндр компрессора имеет температуру 18,3 °С.

Если применить R502, можно использовать компрессор с меньшим рабочим объемом цилиндров, чтобы получить холодопроизводительность, равную холодопроизводительности компрессора, работающего на R12. В связи с его хорошими параметрами в области низких температур, R502 успешно применяются в низкотемпературных установках.

R502 рекомендуется использовать во всех одноступенчатых установках с температурой кипения хладагента — 18 °С и ниже. Его хорошо применять в двухступенчатых установках в случае их использования для очень низких температур. R502 имеет широкое распространение и в среднетемпературном диапазоне.

R502 — невоспламеняющийся, некорродирующий, нетоксичный и стойкий хладагент при всех нормальных условиях. Утечку R502 обнаруживают с помощью галогидной лампы, обмыливанием или электронным теческательем. Возврат масла обеспечивается при температуре кипения этого хладагента до —40 °С. Однако, когда требуются более низкие температуры, иногда используют маслоотделители.

Смешиваемость хладагента и масла

В холодильных машинах с поршневыми компрессорами масло и хладагент перемешиваются. Масла, используемые в холодильной технике, растворимы в жидких хладагентах и полностью смешиваются с ними при комнатной температуре.

Любое масло, циркулирующее в холодильной системе, подвергается попеременному воздействию очень высокой и очень низкой температур. В связи с критическим характером смазки при данных экстремальных условиях, и учитывая повреждения, которые могут быть нанесены системе парафином или другими примесями, присутствующими в масле, необходимо применять только высокорафинированное масло, специально созданное для холодильных установок.

Нафтенное масло более растворимо в хладагентах, чем парафиновое. Разделение масло-фреоновой смеси на отдельные слои может иметь место при использовании того и другого типа масла. Однако разделение нафтенных масел происходит при несколько более низкой температуре. Это разделение обяза-

Таблица 10. Термодинамические свойства R12 в состоянии насыщения

Температура t , °С	Давление абсолютное $p \cdot 10^5$, Па	Удельный объем		Плотность		Энтальпия		Теплота парообразо- вания, q кДж/кг	Энтропия	
		жидкости $v' \cdot 10^3$, м ³ /кг	пара v'' , м ³ /кг	жидкости $\rho' \cdot 10^{-3}$, кг/м ³	пара ρ'' , кг/м ³	жидкости i' , кДж/кг	пара i'' , кДж/кг		жидкости s' , Дж/(кг·К)	пара s'' , кДж/(кг·К)
-75	0,0878	0,6198	1,54	1,614	0,6491	333,21	517,2	183,98	3,7159	4,6444
-74	0,094	0,6208	1,446	1,611	0,6918	334,05	517,66	183,61	3,7202	4,6421
-73	0,1006	0,6218	1,357	1,608	0,7367	334,89	518,12	183,23	3,7243	4,6398
-72	0,1075	0,6228	1,276	1,606	0,7839	335,73	518,59	182,86	3,7285	4,6376
-71	0,1148	0,6238	1,2	1,603	0,8335	336,57	519,05	182,48	3,7326	4,6354
-70	0,1226	0,6248	1,129	1,6	0,8857	337,41	519,52	182,1	3,7368	4,6332
-69	0,1307	0,6259	1,063	1,598	0,9404	338,26	519,98	181,73	3,741	4,6311
-68	0,1393	0,6269	1,002	1,595	0,9978	339,09	520,45	181,36	3,7451	4,6291
-67	0,1484	0,628	0,9452	1,592	1,058	339,94	520,92	180,98	3,7493	4,6271
-66	0,1579	0,629	0,892	1,59	1,121	340,78	521,38	180,6	3,7533	4,6251
-65	0,1679	0,6301	0,8423	1,587	1,187	341,63	521,85	180,22	3,7574	4,6232
-64	0,1785	0,6312	0,7959	1,584	1,256	342,49	522,32	179,83	3,7615	4,6213
-63	0,1896	0,6322	0,7526	1,582	1,329	343,34	522,79	179,45	3,7655	4,6194
-62	0,2012	0,6333	0,7121	1,579	1,404	344,19	523,26	179,06	3,7696	4,6176
-61	0,2134	0,6344	0,6741	1,576	1,483	345,05	523,72	178,67	3,7736	4,6158
-60	0,2262	0,6355	0,6386	1,574	1,566	345,9	524,19	178,29	3,7776	4,614
-59	0,2396	0,6366	0,6053	1,571	1,652	346,76	524,66	177,9	3,7816	4,6124
-58	0,2537	0,6377	0,5741	1,568	1,742	347,62	525,13	177,52	3,7856	4,6107
-57	0,2684	0,6388	0,5448	1,565	1,836	348,49	525,6	177,11	3,7896	4,609
-56	0,2838	0,6399	0,5173	1,563	1,933	349,34	526,07	176,73	3,7936	4,6074
-55	0,2999	0,6411	0,4914	1,56	2,035	350,21	526,54	176,33	3,7975	4,6059
-54	0,3168	0,6422	0,4671	1,557	2,141	351,07	527,01	175,94	3,8015	4,6043
-53	0,3344	0,6433	0,4443	1,554	2,251	351,94	527,48	175,54	3,8054	4,6028
-52	0,3527	0,6445	0,4228	1,552	2,365	352,8	527,95	175,15	3,8093	4,6013
-51	0,3719	0,6456	0,4025	1,549	2,485	353,68	528,42	174,74	2,8133	4,5999
-50	0,3919	0,6468	0,3834	1,546	2,608	354,55	528,9	174,35	3,8172	4,5985
-49	0,4127	0,648	0,3654	1,543	2,737	355,42	529,37	173,95	3,8211	4,5971
-48	0,4345	0,6492	0,3484	1,54	2,87	356,29	529,84	173,55	3,8249	4,5958

47	0.4571	0.6503	0.3323	1.538	3.009	357.17	530.31	173.13	3.8288	4.5944
46	0.4806	0.6515	0.3172	1.535	3.153	358.05	530.78	172.73	3.8327	4.5931
45	0.5051	0.6527	0.3029	1.532	3.302	358.93	531.25	172.32	3.8366	4.5919
44	0.5306	0.6539	0.2893	1.529	3.456	359.81	531.72	171.91	3.8404	4.5906
43	0.5571	0.6551	0.2765	1.526	3.616	360.7	532.19	171.5	3.8443	4.5894
42	0.5847	0.6564	0.2644	1.524	3.782	361.57	532.66	171.09	3.8481	4.5882
41	0.6133	0.6576	0.2529	1.521	3.954	362.46	533.13	170.67	3.8519	4.5871
40	0.643	0.6588	0.2421	1.518	4.131	363.34	533.6	170.26	3.8557	4.5859
39	0.6738	0.6601	0.2318	1.515	4.315	364.23	534.07	169.84	3.8595	4.5848
38	0.7057	0.6613	0.222	1.512	4.504	365.12	534.54	169.43	3.8632	4.5837
37	0.7389	0.6626	0.2127	1.509	4.701	366.01	535.01	169	3.867	4.5827
36	0.7732	0.6639	0.2039	1.506	4.904	366.9	535.48	168.58	3.8708	4.5816
35	0.8088	0.6651	0.1956	1.503	5.114	367.8	535.95	168.16	3.8745	4.5806
34	0.8457	0.6664	0.1876	1.5	5.33	368.69	536.42	167.73	3.8782	4.5796
33	0.8839	0.6677	0.18	1.498	5.554	369.59	536.89	167.3	3.882	4.5787
32	0.9234	0.669	0.1729	1.495	5.784	370.49	537.36	166.87	3.8857	4.5777
31	0.9643	0.6704	0.166	1.492	6.022	371.39	537.83	166.44	3.8894	4.5768
30	1.006	0.6717	0.1595	1.489	6.268	372.29	538.3	166	3.8932	4.5759
29	1.05	0.673	0.1534	1.486	6.521	373.19	538.76	165.58	3.8968	4.575
28	1.095	0.6744	0.1474	1.483	6.782	374.1	539.23	165.13	3.9005	4.5733
27	1.142	0.6757	0.1418	1.48	7.05	375	539.7	164.7	3.9042	4.573
26	1.19	0.6771	0.1365	1.477	7.328	375.91	540.17	164.26	3.9078	4.5725
25	1.24	0.6784	0.1314	1.474	7.613	376.81	540.63	163.82	3.9115	4.5716
24	1.291	0.6798	0.1265	1.471	7.907	377.73	541.1	163.36	3.9152	4.5709
23	1.344	0.6812	0.1218	1.468	8.209	378.64	541.56	162.92	3.9188	4.5701
22	1.399	0.6826	0.1174	1.465	8.52	379.56	542.03	162.47	3.9224	4.5693
21	1.455	0.684	0.1131	1.462	8.84	380.47	542.49	162.02	3.926	4.5686
20	1.513	0.6854	0.1091	1.459	9.169	381.38	542.96	161.58	3.9296	4.5679
19	1.573	0.6869	0.1052	1.456	9.508	382.3	543.42	161.12	3.9332	4.5672
18	1.634	0.6883	0.1015	1.453	9.856	383.22	543.88	160.66	3.9368	4.5665
17	1.698	0.6898	0.09791	1.45	10.21	384.14	544.34	160.2	3.9404	4.5658
16	1.763	0.6913	0.09451	1.447	10.58	385.06	544.8	159.75	3.944	4.5652
15	1.83	0.6927	0.09125	1.444	10.96	385.98	545.26	159.28	3.9476	4.5646
14	1.899	0.6942	0.08813	1.44	11.35	386.91	545.72	158.81	3.9511	4.5639
13	1.97	0.6957	0.08514	1.437	11.74	387.83	546.18	158.35	3.9547	4.5633
12	2.044	0.6972	0.08228	1.434	12.15	388.76	546.64	157.88	3.9582	4.5628

Продолжение табл. 10

Температура t , °С	Давление абсолютное $p \cdot 10^5$, Па	Удельный объем		Плотность		Энтальпия		Теплота парообразо- вания, r кДж/кг	Энтропия	
		жидкости $v' \cdot 10^3$, м ³ /кг	пара v'' , м ³ /кг	жидкости $\rho' \cdot 10^{-3}$, кг/м ³	пара ρ'' , кг/м ³	жидкости i' , кДж/кг	пара i'' , кДж/кг		жидкости s' , Дж/(кг·К)	пара s'' , кДж/(кг·К)
—11	2,119	0,6988	0,07953	1,431	12,57	389,7	547,1	157,4	3,9617	4,5622
—10	2,196	0,7003	0,07689	1,428	13	390,63	547,55	156,92	3,9653	4,5616
—9	2,275	0,7019	0,07437	1,425	13,45	391,56	548,01	156,45	3,9688	4,5611
—8	2,357	0,7034	0,07194	1,422	13,9	392,48	548,46	155,98	3,9723	4,5605
—7	2,44	0,705	0,06962	1,418	14,36	393,42	548,92	155,5	3,9758	4,56
—6	2,526	0,7066	0,06738	1,415	14,84	394,36	549,37	155,01	3,9793	4,5595
—5	2,614	0,7082	0,06522	1,412	15,33	395,3	549,82	154,52	3,9828	4,559
—4	2,705	0,7098	0,06316	1,409	15,83	396,23	550,27	154,04	3,9862	4,5585
—3	2,798	0,7114	0,06118	1,406	16,34	397,17	550,72	153,55	3,9897	4,558
—2	2,893	0,7131	0,05926	1,402	16,87	398,12	551,17	153,05	3,9931	4,5576
—1	2,99	0,7147	0,05743	1,399	17,41	399,06	551,62	152,55	3,9966	4,5571
0	3,091	0,7164	0,05566	1,396	17,96	400	552,06	152,06	4	4,5567
1	3,193	0,7181	0,05396	1,392	18,53	400,95	552,51	151,56	4,0034	4,5563
2	3,298	0,7198	0,05232	1,389	19,11	401,9	552,95	151,05	4,0069	4,5558
3	3,406	0,7215	0,05075	1,386	19,7	402,85	553,39	150,55	4,0103	4,5554
4	3,516	0,7232	0,04923	1,383	20,31	403,8	553,84	150,04	4,0137	4,555
5	3,629	0,725	0,04776	1,379	20,94	404,75	554,28	149,53	4,0171	4,5547
6	3,745	0,7268	0,04635	1,376	21,57	405,7	554,71	149,01	4,0205	4,5543
7	3,863	0,7285	0,04499	1,373	22,23	406,67	555,15	148,48	4,0239	4,5539
8	3,984	0,7303	0,04368	1,369	22,89	407,62	555,59	147,97	4,0272	4,5536
9	4,108	0,7321	0,04242	1,366	23,58	408,58	556,02	147,44	4,0306	4,5532
10	4,235	0,734	0,04119	1,362	24,28	409,54	556,45	146,92	4,034	4,5528
11	4,365	0,7358	0,04001	1,359	24,99	410,5	556,88	146,38	4,0374	4,5525
12	4,497	0,7377	0,03888	1,356	25,72	411,46	557,32	145,86	4,0407	4,5522
13	4,6333	0,7396	0,03778	1,352	26,47	412,42	557,74	145,32	4,044	4,5519
14	4,772	0,7415	0,03672	1,349	27,23	413,38	558,17	144,78	4,0473	4,5516
15	4,913	0,7434	0,03569	1,345	28,02	414,36	558,59	144,23	4,0507	4,5512
16	5,058	0,7453	0,0347	1,342	28,82	415,32	559,02	143,69	4,054	4,551

17	5,206	0,7473	0,03374	1,338	29,63
18	5,357	0,7493	0,03282	1,335	30,47
19	5,511	0,7513	0,03192	1,331	31,33
20	5,669	0,7533	0,03105	1,327	32,2
21	5,83	0,7553	0,03022	1,324	33,1
22	5,994	0,7574	0,0294	1,32	34,01
23	6,162	0,7595	0,02862	1,317	34,94
24	6,333	0,7616	0,02786	1,313	35,9
25	6,508	0,7637	0,02712	1,309	36,87
26	6,686	0,7659	0,02641	1,306	37,87
27	6,868	0,7681	0,02571	1,302	38,89
28	7,053	0,7703	0,02504	1,298	39,9
29	7,242	0,7725	0,0244	1,294	40,99
30	7,435	0,7748	0,02376	1,291	42,08
31	7,631	0,777	0,02315	1,287	43,19
32	7,832	0,7794	0,02256	1,283	44,32
33	8,036	0,7817	0,02198	1,279	45,48
34	8,244	0,784	0,02143	1,275	46,67
35	8,456	0,7864	0,02088	1,272	47,88
36	8,672	0,7889	0,02036	1,268	49,12
37	8,892	0,7913	0,01985	1,264	50,38
38	9,116	0,7938	0,01935	1,26	51,67
39	9,344	0,7963	0,01887	1,256	52,99
40	9,577	0,7989	0,0184	1,252	54,34
41	9,814	0,8015	0,01795	1,248	55,72
42	10,05	0,8041	0,0175	1,244	57,13
43	10,3	0,8067	0,01707	1,24	58,57
44	10,55	0,8094	0,01666	1,235	60,04
45	10,8	0,8122	0,01625	1,231	61,54
46	11,06	0,8149	0,01585	1,227	63,08
47	11,33	0,8177	0,01547	1,223	64,65
48	11,59	0,8206	0,01509	1,219	66,25
49	11,87	0,8235	0,01473	1,214	67,9
50	12,14	0,8264	0,01437	1,21	69,58
51	12,43	0,8294	0,01403	1,206	71,29
52	12,71	0,8324	0,01369	1,201	73,05
53	13	0,8355	0,01336	1,197	74,85

416,29	559,44	143,14	4,0573	4,5506
417,27	559,86	142,58	4,0606	4,5504
418,24	560,27	142,03	4,0639	4,5501
419,22	560,69	141,46	4,0672	4,5498
420,2	561,1	140,9	4,0705	4,5495
421,18	561,51	140,33	4,0738	4,5493
422,16	561,92	139,76	4,0771	4,549
423,14	562,33	139,18	4,0803	4,5487
424,13	562,73	138,61	4,0836	4,5485
425,11	563,13	138,02	4,0868	4,5482
426,11	563,53	137,42	4,0901	4,548
427,1	563,93	136,83	4,0934	4,5478
428,08	564,33	136,24	4,0966	4,5475
429,08	564,72	135,64	4,0998	4,5473
430,08	565,11	135,03	4,1031	4,547
431,08	565,49	134,42	4,1063	4,5468
432,08	565,88	133,8	4,1095	4,5466
433,09	566,26	133,17	4,1128	4,5463
434,09	566,64	132,55	4,116	4,5461
435,1	567,01	131,91	4,1192	4,5459
436,11	567,38	131,27	4,1224	4,5456
437,12	567,75	130,63	4,1256	4,5454
438,14	568,12	129,98	4,1288	4,5452
439,16	568,48	129,32	4,132	4,545
440,18	568,84	128,66	4,1352	4,5447
441,2	559,19	127,99	4,1384	4,5445
442,22	569,54	127,32	4,1416	4,5443
443,25	569,89	126,64	4,1448	4,544
444,28	570,24	125,95	4,1479	4,5438
445,32	570,57	125,26	4,1511	4,5436
446,36	570,91	124,56	4,1543	4,5433
447,4	571,24	123,84	4,1575	4,5431
448,4	571,57	123,13	4,1606	4,5428
449,49	571,89	122,4	4,1638	4,5426
450,54	572,21	121,66	4,167	4,5423
451,6	572,52	120,92	4,1702	4,5421
452,66	572,83	120,17	4,1734	4,5418

Продолжение табл. 10

Температура t , °С	Давление абсолютное $p \cdot 10^5$, Па	Удельный объем		Плотность		Энтальпия		Теплота парообразования r , кДж/кг	Энтропия	
		жидкости $v' \cdot 10^3$, м³/кг	пара v'' , м³/кг	жидкости $\rho' \cdot 10^{-3}$, кг/м³	пара ρ'' , кг/м³	жидкости i' , кДж/кг	пара i'' , кДж/кг		жидкости s' , Дж/(кг·К)	пара s'' , кДж/(кг·К)
54	13,3	0,8386	0,01304	1,192	76,68	453,72	573,13	119,41	4,1765	4,5415
55	13,6	0,8418	0,01273	1,188	78,56	454,78	573,43	118,64	4,1797	4,5413
56	13,91	0,845	0,01242	1,183	80,48	455,86	573,72	117,86	4,1829	4,541
57	14,22	0,8483	0,01213	1,179	82,45	456,93	574,01	117,08	4,1861	4,5407
58	14,54	0,8516	0,01184	1,174	84,46	458,01	574,29	116,28	4,1892	4,5404
59	14,86	0,855	0,01156	1,17	86,52	459,09	574,56	115,47	4,1924	4,5401
60	15,19	0,8585	0,01128	1,165	88,63	460,18	574,83	114,65	4,1956	4,5398
61	15,52	0,862	0,01101	1,16	90,79	461,28	575,1	113,82	4,1988	4,5394
62	15,86	0,8656	0,01075	1,155	93	462,38	575,35	112,98	4,202	4,5391
63	16,2	0,8693	0,0105	1,15	95,26	463,47	575,6	112,13	4,2052	4,5388
64	16,55	0,873	0,01025	1,145	97,59	464,59	575,84	111,26	4,2084	4,5384
65	16,91	0,8768	0,01	1,14	99,96	465,7	576,08	110,39	4,2116	4,538
66	17,27	0,8806	0,009765	1,136	102,4	466,82	576,31	109,48	4,2148	4,5377
67	17,63	0,8846	0,009533	1,13	104,9	467,94	576,53	108,59	4,218	4,5373
68	18	0,8886	0,009306	1,125	107,5	469,7	576,74	107,67	4,2213	4,5369
69	18,38	0,8927	0,009084	1,12	110,1	470,21	576,95	106,73	4,2245	4,5365
70	18,77	0,897	0,008866	1,115	112,8	471,36	577,14	105,78	4,2277	4,536
71	19,16	0,9013	0,008653	1,11	115,6	472,52	577,33	104,81	4,231	4,5356
72	19,55	0,9056	0,008446	1,104	118,4	473,67	577,5	103,83	4,2343	4,5351
73	19,95	0,9102	0,008243	1,099	121,3	474,84	577,67	102,83	4,2375	4,5346
74	20,36	0,9148	0,008043	1,093	124,3	476,02	577,83	101,81	4,2408	4,5341
75	20,78	0,9195	0,007849	1,088	127,4	477,21	577,98	100,77	4,2441	4,5336
76	21,2	0,9243	0,007658	1,082	130,6	478,4	578,11	99,72	4,2474	4,533
77	21,63	0,9293	0,007472	1,076	133,8	479,6	578,24	98,64	4,2508	4,5325
78	22,06	0,9344	0,007289	1,07	137,2	480,81	578,35	97,54	4,2541	4,5319
79	22,5	0,9395	0,007109	1,064	140,7	482,03	578,45	96,42	4,2575	4,5313
80	22,95	0,945	0,006934	1,058	144,2	483,27	578,54	95,27	4,2608	4,5306
81	23,4	0,9506	0,006762	1,052	147,9	484,51	578,61	94,1	4,2642	4,53

82	23,86	0,9563	0,006592	1,046	151,7
83	24,33	0,9622	0,006427	1,039	155,6
84	24,8	0,9683	0,006264	1,033	159,6
85	25,29	0,9745	0,006104	1,026	163,8
86	25,77	0,981	0,005947	1,019	168,1
87	26,27	0,9878	0,005793	1,012	172,6
88	26,77	0,9947	0,005641	1,005	177,3
89	27,28	1,002	0,005492	0,998	182,1
90	27,8	1,0095	0,005345	0,991	187,1
91	28,33	1,0174	0,0052	0,983	192,3
92	28,86	1,0256	0,005058	0,975	197,7
93	29,4	1,0342	0,004917	0,967	203,4
94	29,95	1,0432	0,004778	0,959	209,3
95	30,51	1,0526	0,00464	0,95	215,5
96	31,08	1,0626	0,004505	0,941	222
97	31,65	1,0732	0,00437	0,932	228,8
98	32,23	1,0844	0,004237	0,922	236
99	32,82	1,0963	0,004104	0,912	243,6
100	33,42	1,1091	0,003972	0,902	251,7
101	34,03	1,1229	0,003841	0,891	260,4
102	34,64	1,1378	0,003709	0,879	269,6
103	35,27	1,1541	0,003577	0,866	279,6
104	35,9	1,1721	0,003444	0,853	290,3
105	36,54	1,1922	0,003309	0,839	302,2
106	37,2	1,215	0,003172	0,823	315,3
107	37,86	1,2414	0,00303	0,806	330
108	38,53	1,2727	0,002882	0,786	347
109	39,21	1,3117	0,002725	0,762	367
110	39,9	1,3639	0,00255	0,733	392,2

485,77	578,67	92,9	4,2677	4,5292
487,03	578,72	91,68	4,2711	4,528
488,31	578,74	90,43	4,2746	4,5278
489,61	578,75	89,14	4,2781	4,527
490,92	578,75	87,83	4,2816	4,5261
492,25	578,72	86,48	4,2851	4,5252
493,59	578,68	85,09	4,2887	4,5243
494,94	578,61	83,67	4,2923	4,5233
496,32	578,52	82,2	4,296	4,5223
497,72	578,41	80,69	4,2997	4,5212
499,13	578,27	79,14	4,3034	4,5201
500,58	578,1	77,52	4,3072	4,5189
502,04	577,91	75,87	4,311	4,5177
503,53	577,67	74,14	4,3149	4,5163
505,05	577,41	72,36	4,3189	4,5149
506,6	577,1	70,5	4,3229	4,5134
508,19	576,75	68,56	4,327	4,5117
509,81	576,35	66,54	4,3312	4,51
511,47	575,9	64,42	4,3355	4,5081
513,19	575,38	62,2	4,3399	4,5061
514,95	574,89	59,85	4,3444	4,504
516,78	574,14	57,35	4,3491	4,5016
518,69	573,37	54,69	4,354	4,499
520,68	572,5	51,82	4,359	4,4961
522,77	571,48	48,71	4,3644	4,4928
525,01	570,29	45,28	4,37	4,4892
527,43	568,86	41,43	4,3762	4,4849
530,11	567,09	36,98	4,383	4,4797
533,22	564,78	31,56	4,3909	4,4732

тельно влияет отрицательно на смазочные свойства масла, но могут возникнуть трудности в подаче масла к рабочим частям системы.

В связи с тем что масло должно проходить через цилиндры компрессора для обеспечения смазки движущихся частей, небольшое количество масла всегда циркулирует вместе с хладагентом. Масло плохо смешивается с паром хладагента. Поэтому масло нормально циркулирует в системе только в том случае, если поток пара хладагента имеет достаточную интенсивность. Если интенсивность потока недостаточно высока, масло остается в нижней части трубопровода, в результате чего ухудшается теплопередача и возможна нехватка масла в компрессоре. Отделение масла увеличивается критически при понижении температуры кипения хладагента. Для возврата масла в компрессор требуется соответствующая конфигурация трубопроводов хладагента.

В герметичной системе имеет место явление притягивания жидкого хладагента к маслу. Жидкий хладагент испаряется и перемещается через систему в картер компрессора, несмотря на то, что нет разности давлений для создания этого движения. Когда пар хладагента поступает в картер компрессора, он снова конденсируется. Перемещение хладагента продолжается до тех пор, пока масло в картере компрессора не будет насыщено жидким хладагентом.

Избыточное количество жидкого хладагента в картере компрессора является причиной бурного пенообразования при кипении, и все масло может быть унесено из картера компрессора. В связи с этим необходимо принять некоторые меры, например установить подогреватель картера для предотвращения аккумуляции избыточного количества жидкого хладагента в картере компрессора.

Хладагенты R22 и R502 менее растворимы в масле, чем R12. Для возврата масла в картер компрессора определяющими факторами при использовании этих двух хладагентов являются соответствующая конфигурация трубопроводов и конструкция системы.

Таблицы хладагентов

Для правильного определения эксплуатационной производительности холодильной системы требуется очень точная информация относительно различных свойств хладагентов при любых давлении и температуре.

Шесть основных термодинамических свойств насыщенного R12 представлены в табл. 10. Вопросы, касающиеся давления, объема и плотности, рассматривались ранее.

Энтальпия — это термин, который применяется в термодинамике для определения теплосодержания вещества. При рассмот-

Таблица 11. Соотношение между температурой и давлением хладагентов в состоянии насыщения

R13		R13		$t, ^\circ\text{C}$	R22	R13
$t, ^\circ\text{C}$	$p_{\text{абс}}, 10^5 \text{ Па}$	$t, ^\circ\text{C}$	$p_{\text{абс}}, 10^5 \text{ Па}$		$p_{\text{абс}}, 10^5 \text{ Па}$	$p_{\text{абс}}, 10^5 \text{ Па}$
-150	0,002204	-127	0,03614	-105	0,0122	0,2348
-149	0,002551	-126	0,03991	-104	0,0135	0,2523
-148	0,002945	-125	0,044	-103	0,0149	0,2708
-147	0,003392	-124	0,04844	-102	0,0164	0,2904
-146	0,003896	-123	0,05325	-101	0,0181	0,3112
-145	0,004464	-122	0,05845	-100	0,0199	0,3331
-144	0,005103	-121	0,06407	-99	0,0218	0,3562
-143	0,00582	-120	0,07013	-98	0,0239	0,3806
-142	0,006622	-119	0,07666	-97	0,0262	0,4063
-141	0,007518	-118	0,08369	-96	0,0286	0,4334
-140	0,008516	-117	0,09124	-95	0,0313	0,4619
-139	0,009627	-116	0,09935	-94	0,0341	0,4919
-138	0,01086	-115	0,108	-93	0,0372	0,5234
-137	0,01223	-114	0,1174	-92	0,0405	0,5564
-136	0,01374	-113	0,1273	-91	0,044	0,5912
-135	0,01541	-112	0,138	-90	0,0478	0,6276
-134	0,01725	-111	0,1494	-89	0,0519	0,6657
-133	0,01927	-110	0,1615	-88	0,0563	0,7057
-132	0,02149	-109	0,1744	-87	0,0609	0,7475
-131	0,02393	-108	0,1882	-86	0,0659	0,7912
-130	0,02659	-107	0,2028	-85	0,0712	0,8369
-129	0,0295	-106	0,2183	-84	0,0768	0,8846
-128	0,03268			-83	0,0829	0,9345
				-82	0,0893	0,9865
				-81	0,0961	1,041

Таблица 12. Соотношение между температурой и давлением хладагентов в состоянии насыщения

Температура $t, ^\circ\text{C}$	Давление абсолютное $p \cdot 10^5, \text{ Па}$							
	R11	R12	R500	R502	R22	R13	R113	R114
-80	—	—	—	0,1462	0,1034	1,097	—	—
-79	—	—	—	0,1563	0,1111	1,156	—	—
-78	—	—	—	0,1671	0,1193	1,217	—	—
-77	—	—	—	0,1783	0,128	1,281	—	—
-76	—	—	—	0,1874	0,1372	1,347	—	—
-75	—	0,0878	—	0,2028	0,1469	1,416	—	—
-74	—	0,094	—	0,2162	0,1572	1,488	—	—
-73	—	0,1006	—	0,2302	0,1681	1,562	—	—
-72	—	0,1075	—	0,2449	0,1796	1,639	—	—
-71	—	0,1148	—	0,2601	0,1917	1,719	—	—
-70	—	0,1226	—	0,2767	0,2045	1,802	—	0,017822
-69	—	0,1307	—	0,2938	0,218	1,888	—	0,019683
-68	—	0,1393	—	0,3117	0,2322	1,978	—	0,021544
-67	—	0,1484	—	0,3305	0,2471	2,07	—	0,023404
-66	—	0,1579	—	0,3502	0,02629	2,165	—	0,025265

Продолжение табл. 12

Температура $t, ^\circ\text{C}$	Давление абсолютное $p \cdot 10^5, \text{Па}$							
	R11	R12	R500	R502	R22	R13	R113	R114
-65	—	0,1679	—	0,371	0,2794	2,64	—	0,027126
-64	—	0,1785	—	0,3927	0,2968	2,366	—	0,028987
-63	—	0,1896	—	0,4154	0,315	2,472	—	0,030848
-62	—	0,2012	—	0,4391	0,3341	2,581	—	0,032708
-61	—	0,2134	—	0,4639	0,3541	2,694	—	0,034569
-60	0,01279	0,2262	—	0,4899	0,3752	2,81	—	0,036943
-59	0,01384	0,2396	—	0,517	0,3972	2,93	—	0,040376
-58	0,01489	0,2537	—	0,5452	0,4202	3,054	—	0,04381
-57	0,01608	0,2684	—	0,5747	0,4443	3,182	—	0,047243
-56	0,01728	0,2838	—	0,6055	0,4695	3,314	—	0,060676
-55	0,01863	0,2999	—	0,6376	0,4958	3,45	—	0,054109
-54	0,01998	0,3168	—	0,671	0,5234	3,59	—	0,057543
-53	0,02141	0,3344	—	0,7058	0,05521	3,734	—	0,060976
-52	0,02303	0,3527	—	0,7421	0,5821	3,8883	—	0,06441
-51	0,02475	0,3719	—	0,7798	0,6134	4,036	—	0,067843
-50	0,02647	0,3919	0,46	0,819	0,6459	4,193	—	0,071276
-49	0,02835	0,4127	0,49	0,8597	0,6799	4,355	—	0,077069
-48	0,03033	0,4345	0,52	0,9021	0,7152	4,521	—	0,082863
-47	0,03244	0,4571	0,55	0,946	0,752	3,692	—	0,088656
-46	0,03467	0,4806	0,58	0,9916	0,7903	4,868	—	0,09445
-45	0,03702	0,5051	0,61	1,039	0,8302	5,049	—	0,100243
-44	0,03951	0,5306	0,64	1,0881	0,8715	5,234	—	0,106036
-43	0,04214	0,5571	0,67	1,1391	0,9145	5,425	—	0,11183
-42	0,04492	0,5847	0,7	1,1919	0,9592	5,621	—	0,117623
-41	0,04784	0,6133	0,73	1,2465	1,006	5,822	—	0,123417
-40	0,05093	0,643	0,76	1,3032	1,054	6,028	—	0,12921
-39	0,05418	0,6738	0,8	1,3617	1,104	6,239	—	0,13847
-38	0,0576	0,7057	0,84	1,4224	1,155	6,456	—	0,14773
-37	0,0612	0,7389	0,89	1,4851	1,209	6,679	—	0,15699
-36	0,06499	0,7732	0,93	1,55	1,265	6,907	—	0,16625
-35	0,06897	0,8088	0,97	1,617	1,322	7,141	—	0,17551
-34	0,07316	0,8457	1,01	1,6863	1,382	7,38	—	0,18477
-33	0,07755	0,8839	1,05	1,7578	1,443	7,626	—	0,19403
-32	0,08216	0,9234	1,1	1,8317	1,507	7,877	—	0,2033
-31	0,08699	0,9643	1,14	1,9079	1,573	8,134	—	0,21256
-30	0,09206	1,006	1,18	1,9866	1,641	8,398	0,0283	0,22182
-29	0,09737	1,05	1,24	2,0678	1,712	8,668	0,0304	0,23594
-28	0,1029	1,095	1,3	2,1514	1,784	8,944	0,0324	0,25006
-27	0,1088	1,142	1,36	2,2377	1,86	9,226	0,0345	0,26419
-26	0,1149	1,19	1,42	2,3266	1,937	9,515	0,0365	0,27831
-25	0,1212	1,24	1,48	2,4182	2,017	9,811	0,0386	0,29243
-24	0,1279	1,291	1,53	2,5124	2,1	10,11	0,0413	0,30655
-23	0,1348	1,344	1,59	2,6095	2,185	10,42	0,044	0,32067
-22	0,1421	1,399	1,65	2,7094	2,273	10,74	0,0466	0,3348
-21	0,1497	1,455	1,71	2,8122	2,363	11,06	0,0493	0,34892
-20	0,1576	1,513	1,77	2,918	2,456	11,39	0,052	0,36304
-19	0,1659	1,573	1,85	3,0268	2,552	11,73	0,0554	0,3837
-18	0,1745	1,634	1,93	3,1386	2,651	12,07	0,0588	0,40435
-17	0,1834	1,698	2,01	3,2534	2,753	12,43	0,0622	0,425
-16	0,1928	1,763	2,09	3,3715	2,858	12,78	0,0656	0,44565
-15	0,2025	1,83	2,17	3,4928	2,966	13,15	0,069	0,46631
-14	0,2126	1,899	2,25	3,6173	3,076	13,53	0,0733	0,48697

Продолжение табл. 12

Температура t , °C	Давление абсолютное $p \cdot 10^5$, Па							
	R11	R12	R500	R502	R22	R13	R113	R114
-13	0,2232	1,97	2,33	3,7452	3,19	13,91	0,0776	0,50763
-12	0,2341	2,044	2,41	3,8764	3,308	14,3	0,0819	0,52829
-11	0,2455	2,119	2,49	4,0112	3,428	14,7	0,0862	0,54894
-10	0,2573	2,196	2,57	4,1493	3,552	15,11	0,0905	0,56961
-9	0,2696	2,275	2,68	4,291	3,679	15,52	0,0958	0,59875
-8	0,2824	2,357	2,78	4,4364	3,809	15,95	0,1011	0,62789
-7	0,2956	2,44	2,89	4,5853	3,943	16,38	0,1065	0,65703
-6	0,3093	2,526	2,99	4,7381	3,081	16,82	0,1119	0,68617
-5	0,3236	2,614	3,1	4,8945	4,222	17,27	0,1172	0,71531
-4	0,3384	2,705	3,2	5,0549	4,367	17,73	0,1238	0,74444
-3	0,3537	2,798	3,31	5,2191	4,515	18,2	0,1303	0,77358
-2	0,3695	2,893	3,41	5,3873	4,667	18,67	0,1369	0,80272
-1	0,3836	2,99	3,52	5,5594	4,823	19,16	0,1434	0,83186
0	0,403	3,091	3,62	5,7558	4,983	19,66	0,15	0,861
1	0,4206	3,193	3,76	5,9161	5,147	20,16	0,158	0,9008
2	0,4388	3,298	3,89	6,1007	5,315	20,68	0,1661	0,9406
3	0,4576	3,406	4,03	6,2894	5,487	21,2	0,1741	0,9804
4	0,4771	3,516	4,16	6,4826	5,663	21,74	0,1822	1,0202
5	0,4972	3,629	4,3	6,6839	5,844	22,28	0,1902	1,06
6	0,5181	3,745	4,44	6,882	6,028	22,84	0,1999	1,0998
7	0,5395	3,863	4,57	7,0884	6,217	23,4	0,2096	1,1396
8	0,5617	3,984	4,71	7,2602	6,411	23,98	0,2193	1,1794
9	0,5847	4,108	4,84	7,515	6,608	24,57	0,229	1,2192
10	0,6083	4,235	4,98	7,7352	6,811	25,16	0,2387	1,259
11	0,6327	4,365	5,15	7,9603	7,018	25,77	0,2503	1,31186
12	0,6579	4,497	5,32	8,1901	7,229	26,39	0,2619	1,36472
13	0,6839	4,633	5,49	8,4248	7,445	27,02	0,2736	1,41758
14	0,7106	4,772	5,66	8,6644	7,667	27,67	0,2851	1,47044
15	0,7382	4,913	5,83	8,9091	7,892	28,32	0,2968	1,5233
16	0,7666	5,058	5,99	9,1588	8,123	28,99	0,3106	1,57616
17	0,7959	5,206	6,16	9,4136	8,359	29,67	0,3244	1,62902
18	0,8261	5,357	6,33	9,6737	8,6	30,36	0,3381	1,68188
19	0,8571	5,511	6,5	9,939	8,846	31,06	0,3519	1,73474
20	0,8891	5,669	6,67	10,2097	9,097	31,78	0,3657	1,7876
21	0,9219	5,83	6,88	10,4857	9,353	32,51	0,3819	1,8561
22	0,9558	5,994	7,09	10,7673	9,615	33,25	0,3982	1,9245
23	0,9906	6,162	7,3	11,0544	9,882	34,01	0,4144	1,993
24	1,026	6,333	7,51	11,3471	10,154	34,78	0,4307	2,0615
25	1,063	6,508	7,72	11,6455	10,432	35,56	0,4469	2,13
26	1,101	6,686	7,93	11,9496	10,716	36,36	0,4659	2,1984
27	1,14	6,868	8,14	12,2597	11,005	37,17	0,4849	2,2669
28	1,18	7,053	8,35	12,5756	11,3	37,99	0,5039	2,3354
29	1,221	7,242	8,56	12,8976	11,601	—	0,5229	2,4038
30	1,263	7,435	8,77	13,2256	11,908	—	0,542	2,4723
31	1,306	7,631	9,03	13,5597	12,221	—	0,5641	2,5591
32	1,35	7,832	9,28	13,9	12,539	—	0,5862	2,6459
33	1,396	8,036	9,54	14,2467	12,864	—	0,6084	2,7327
34	1,442	8,244	9,8	14,5997	13,196	—	0,6305	2,8195
35	1,49	8,456	10,06	14,9592	13,532	—	0,6526	2,9063
36	1,539	8,672	10,31	15,3253	13,876	—	0,6781	2,993
37	1,59	8,892	10,57	15,6979	14,226	—	0,7036	3,0798
38	1,641	9,116	10,83	16,0774	14,582	—	0,7292	3,1666

Продолжение табл. 12

Температура t , °C	Давление абсолютное $p \cdot 10^5$, Па							
	R11	R12	R500	R502	R22	R13	R113	R114
39	1,694	9,344	11,08	16,4635	14,945	—	0,7547	3,2534
40	1,748	9,577	11,34	16,8567	15,315	—	0,7802	3,3402
41	1,804	9,814	11,65	17,2567	15,691	—	0,8095	3,4481
42	1,86	10,05	11,96	17,6639	16,074	—	0,8389	3,5561
43	1,919	10,30	12,26	18,0782	16,464	—	0,8682	3,664
44	1,978	10,55	12,57	18,4998	16,862	—	0,8976	3,772
45	2,039	10,8	12,88	18,9287	17,266	—	0,9269	3,8799
46	2,102	11,06	13,19	19,3651	17,677	—	0,9604	3,9878
47	2,166	11,33	13,5	19,809	18,095	—	0,9939	4,0958
48	2,231	11,59	13,8	20,2606	18,521	—	0,0273	4,2037
49	2,298	11,87	14,11	20,7199	18,954	—	1,0608	4,3117
50	2,366	12,14	14,42	21,1871	19,395	—	1,0943	4,4196
51	2,437	12,43	14,79	—	19,843	—	1,1324	4,5517
52	2,508	12,71	15,15	—	20,299	—	1,1706	4,6837
53	2,572	13	15,52	—	20,763	—	1,2087	4,8158
54	2,655	13,3	15,89	—	21,235	—	1,2468	4,9478
55	2,733	13,6	16,26	—	21,714	—	1,285	5,0799
56	2,81	13,91	16,62	—	22,202	—	1,328	5,212
57	2,891	14,22	17,98	—	22,698	—	1,371	5,344
58	2,971	14,54	17,36	—	23,202	—	1,413	5,4761
59	3,055	14,86	17,72	—	23,715	—	1,456	5,6081
60	3,138	15,19	18,09	—	24,236	—	1,499	5,7402
61	3,226	15,52	18,52	—	24,765	—	1,547	5,8995
62	3,314	16,86	18,95	—	25,3	—	1,596	6,0589
63	3,405	16,2	19,39	—	25,85	—	1,644	6,2182
64	3,496	16,55	19,82	—	25,41	—	1,693	6,3776
65	3,591	16,91	20,25	—	26,97	—	1,741	6,5369
66	3,686	17,27	20,68	—	27,55	—	1,795	6,6962
67	3,785	17,63	21,11	—	28,13	—	1,849	6,8556
68	3,883	18	21,54	—	28,72	—	1,904	7,0149
69	3,986	18,38	21,97	—	29,32	—	1,958	7,1743
70	4,088	18,77	22,41	—	29,94	—	2,012	7,3336
71	4,295	19,16	22,92	—	30,56	—	2,072	7,5236
72	4,302	19,55	23,42	—	31,19	—	2,133	7,7136
73	4,413	19,95	23,93	—	31,83	—	2,193	7,9036
74	4,524	20,36	24,43	—	32,48	—	2,254	8,0936
75	4,639	20,78	24,94	—	33,15	—	2,314	8,2836
76	4,754	21,2	25,45	—	33,82	—	2,381	8,4736
77	4,874	21,63	25,95	—	34,5	—	2,449	8,6636
78	4,993	22,06	26,46	—	35,2	—	2,516	8,8536
79	5,117	22,5	26,96	—	35,9	—	2,584	9,0436
80	5,24	22,95	27,47	—	36,62	—	2,651	9,2335
81	5,369	23,4	28,06	—	37,35	—	—	9,4579
82	5,497	23,86	28,64	—	38,08	—	—	9,6822
83	5,63	24,33	29,23	—	38,84	—	—	9,9066
84	5,763	24,8	29,82	—	39,6	—	—	10,1309
85	5,901	25,29	30,41	—	40,37	—	—	10,3553
86	6,039	25,77	30,99	—	41,16	—	—	10,5796
87	6,182	26,27	31,57	—	41,96	—	—	10,804
88	6,324	26,77	32,17	—	42,77	—	—	11,0283
89	6,47	27,28	32,75	—	43,59	—	—	11,2527
90	6,616	27,8	33,34	—	44,43	—	—	11,477

Продолжение табл. 12

Температура t , °С	Давление абсолютное $p \cdot 10^5$, Па							
	R11	R12	R500	R502	R22	R13	R113	R114
91	6,772	28,33	34,02	—	45,28	—	—	11,74
92	6,925	28,86	34,7	—	46,14	—	—	12,003
93	7,083	29,4	35,37	—	46,53	—	—	12,266
94	7,241	29,95	36,05	—	47,91	—	—	12,529
95	7,404	30,51	36,73	—	48,89	—	—	12,792
96	7,567	31,08	37,41	—	49,86	—	—	13,054
97	7,735	31,65	38,09	—	—	—	—	13,317
98	7,904	32,23	38,76	—	—	—	—	13,58
99	8,079	32,82	39,44	—	—	—	—	13,843
100	8,253	33,42	40,12	—	—	—	—	14,106

рении хладагентов энтальпия выражается в килоджоулях на 1 кг хладагента.

Разность в величинах энтальпии в различных частях холодильной системы обычно используют для определения производительности холодильного агрегата. Если энтальпия хладагента на входе и выходе из испарителя может быть определена, а интенсивность потока хладагента известна, то можно рассчитать холодопроизводительность этого испарителя.

Энтропия (см. табл. 10) лучше всего описывается в качестве математического отношения, используемого в термодинамике.

У изготовителей регулирующих вентилей, хладагентов и поставщиков холодильного оборудования можно получить таблицы соотношения между температурой и давлением хладагентов в состоянии насыщения (табл. 11 и 12). Эти таблицы являются справочным материалом и неоценимым пособием для механика по обслуживанию. Их используют для проверки холодильной системы. Давления всасывания и нагнетания замеряют с помощью манометров, по которым определяют температуры кипения и конденсации хладагента.

Баллоны для хладагентов

Давление, создаваемое жидким хладагентом в герметически закрытом баллоне,— это давление его насыщения при данной температуре. Однако если баллон переполнен хладагентом или постепенно и неравномерно перегревается, то жидкий хладагент расширяется и полностью заполняет объем баллона.

Когда это явление имеет место, быстро возрастает гидростатическое давление, которое намного превышает давление насыщения. На рис. 176 показана зависимость давления от температуры жидкого хладагента до и после заполнения баллона расширившейся жидкостью при постепенном и неравномерном

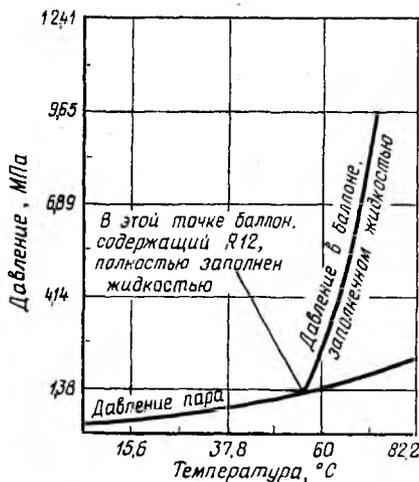


Рис. 176. Гидростатическое давление в баллоне с R12.

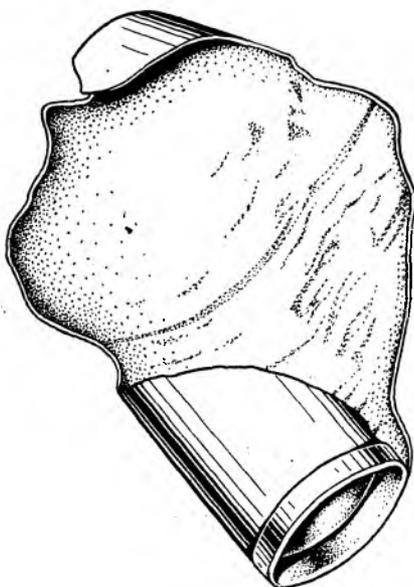


Рис. 177. Разорванный баллон для хладагента.

нагревании. Зависимость давления от температуры существует до тех пор, пока в баллоне имеется пространство для расширения жидкости.

Исключительно опасное давление, которое возникает при таких обстоятельствах, может вызвать разрыв баллона с хладагентом (рис. 177).

Баллон, представленный на рис. 177, разорвался при давлении около 9 МПа в результате неравномерного нагрева. Если баллон нагреть пламенем сварочной горелки, то стенка баллона в этом месте может быть ослаблена и опасность разрыва возрастает. Во время контрольного испытания баллон, подобный тому, который показан на рис. 177, пролетел более 12 м в воздухе после разрыва.

Баллон для сжиженного газа не должен быть полностью заполнен жидкостью при нагревании до 55 °С. Металлический плавкий предохранитель предназначен для защиты баллона с хладагентом в случае пожара. Однако он не может предотвратить повреждение баллона при его постепенном неравномерном нагреве. Плавкий предохранитель начинает плавиться при температуре 69,5 °С, но гидростатическое давление, образующееся при этой температуре, намного превышает испытательное давление баллона.

Ниже изложены правила безопасности, которым необходимо следовать при обращении с баллонами, содержащими сжатый газ.

1. Запрещается нагревать баллон с хладагентом выше 50 °С.

2. Запрещается хранить баллон с хладагентом под прямыми лучами солнца.

3. Запрещается направлять пламя на баллон с хладагентом.
4. Запрещается соединять баллон с хладагентом непосредственно с электрическим нагревателем.
5. Запрещается ронять, ударять или каким-либо другим образом небрежно обращаться с баллоном, заполненным хладагентом.
6. Запрещается превышать массу зарядки, указанную на стенке баллона, при повторном его заполнении хладагентом.
7. Когда баллоном не пользуются, вентиль должен быть всегда закрыт колпаком.
8. Необходимо все вентили баллона открывать медленно.
9. Если баллон с хладагентом не установлен в стеллаже, то его следует прикрепить в вертикальном положении к стационарному предмету с помощью ремня или цепи.

Смазочное масло

Обычные фторированные хладагенты, используемые в настоящее время смешиваются со смазочным маслом в количестве, зависящем от вязкости, температуры, давления всасывания и других параметров. В правильно сконструированной холодильной системе масло абсорбируется хладагентом и проходит с ним через всю систему. В качестве смазочного масла следует применять рафинированное минеральное масло, свободное от влаги, осадка, кислоты, мыла или любого другого вещества, не являющегося продуктом переработки нефти. Смазочное масло должно быть тщательно обезвожено для предотвращения замерзания влаги в регуляторе потока хладагента и возможного эмульгирования масла с образованием шлама.

Правила безопасности

Многие наиболее широко используемые хладагенты не имеют запаха, который не ощущается даже в помещении, где в воздухе содержится значительное количество парообразного хладагента. Многие хладагенты тяжелее воздуха и вытесняют его вверх. Это опасно, так как человеку необходимо для дыхания, по крайней мере, 19,1 % кислорода, иначе он может потерять сознание.

1. Необходимо обеспечить тщательную вентиляцию помещения до ремонта места утечки хладагента.
2. Необходимо проверить марку хладагента до зарядки системы.
3. Необходимо надевать очки при зарядке или продувке системы.
4. Необходимо обеспечить защиту глаз от жидкого хладагента. Если жидкий хладагент попал в глаза, то их необходимо тщательно промыть водопроводной водой и немедленно обратиться к врачу.

5. Запрещается вдыхать парообразный хладагент из системы, в которой перегорел встроенный электродвигатель компрессора.

6. Для предупреждения ожога кислотой, которая может содержаться в хладагенте, необходимо предотвратить его попадание на кожу.

7. Запрещается нагревать открытым пламенем баллон с хладагентом, так как это может привести к взрыву и серьезным травмам.

8. Необходимо предотвратить загрязнение хладагентов влагой, воздухом или другими веществами.

9. Необходимо предотвратить попадание масла из перегоревшего компрессора на кожу, так как оно имеет высокую кислотность и может привести к ожогу.

10. Если жидкий хладагент попадет на кожу, то для предотвращения ожога ее необходимо обмыть водой и обработать.

Выводы

Большинство используемых в настоящее время хладагентов находится в парообразном состоянии при атмосферном давлении и температуре окружающей среды.

Термины «газ» и «пар» взаимозаменяемы. Все хладагенты имеют жидкую и паровую фазы. Испаряющийся хладагент поглощает такое количество тепла, которое равно количеству энергии, требуемому для превращения жидкости в пар.

Каждый килограмм хладагента поглощает такое количество тепла, которое равно его скрытой теплоте парообразования.

Чем выше давление хладагента, тем выше температура его кипения.

Можно заставить жидкость кипеть, помещая ее в частичный вакуум.

Критической температурой пара является температура, выше которой пар не сжигается независимо от давления.

Давление конденсации зависит от температуры хладагента.

Водяные конденсаторы работают при более низких температуре и давлении конденсации, чем воздушные. Давление парообразования хладагента является важным фактором, так как хладагент должен испаряться при давлении всасывания выше атмосферного.

Количество тепла, требуемое для превращения жидкости в пар при постоянной температуре, называется скрытой теплотой парообразования.

Любой хладагент, кипящий в испарителе, должен поглотить такое количество тепла из охлаждаемого пространства, которое точно равно его скрытой теплоте парообразования.

Скрытая теплота парообразования жидкости колеблется в зависимости от давления и соответствующей температуры, при которой происходит парообразование.

Утечка фторированных хладагентов определяется с помощью галоидной лампы, обмыливанием или электронным теческательем.

Все фторированные хладагенты смешиваются с маслом.

Нафтеновые масла более растворимы в хладагентах, чем парафиновые.

В связи с тем что масло проходит через цилиндры компрессора при смазке движущихся частей, небольшое количество его всегда циркулирует вместе с хладагентом.

В результате наличия избыточного количества хладагента в картере компрессора может иметь место неудовлетворительная смазка компрессора при его пуске из-за вспенивания масла.

Для систем, работающих на R22 и R502, требуются соответствующие конфигурация трубопроводов и конструкция для обеспечения возврата масла в компрессор.

Энтальпия — это термин, который используется в термодинамике для определения теплосодержания вещества.

Баллон должен быть заполнен только определенным количеством жидкого хладагента для предотвращения взрыва.

Холодильное смазочное масло представляет собой рафинированное минеральное масло, свободное от влаги, осадка, кислоты, мыла или любого другого вещества, не являющегося продуктом переработки нефти.

Контрольные вопросы

1. В каком состоянии существует большинство хладагентов при атмосферном давлении и температуре?

2. Сколько тепла поглощает 1 кг жидкого хладагента при переходе из жидкой фазы в паровую?

3. Как влияет повышение давления жидкого хладагента на температуру его кипения?

4. Что означает термин «критическая температура хладагента»?

5. Что происходит с давлением конденсации хладагента, когда температура пара понижается?

6. Перечислите стандартные условия, которые разработаны для сравнения хладагентов и агрегатов.

7. От чего зависит давление конденсации?

8. Будет ли водяной или воздушный конденсатор работать при низкой температуре конденсации?

9. Как определить приблизительную температуру и давление хладагента в воздушном конденсаторе?

10. Почему давление парообразования хладагента является важным фактором?

11. К чему приводит наличие воздуха в холодильной системе?

12. Дайте определение скрытой теплоты парообразования хладагента.

13. Какие используют способы обнаружения утечки фторированных хладагентов?

14. Что означает термин «смешиваемость»?

15. Почему в холодильной системе всегда циркулирует небольшое количество масла?

16. Какие меры предосторожности должны быть приняты при эксплуатации холодильных систем, работающих на R22 и R502?

17. Что означает термин «энтальпия»?

18. Какие меры предосторожности должны быть приняты при заполнении баллона хладагентом?

19. Почему небезопасно нагревать баллон с хладагентом сварочной горелкой?

20. Почему влага не должна попадать в холодильное масло?

Глава 9. Контрольно-измерительные приборы

Контрольно-измерительные приборы необходимы механикам при обслуживании холодильного оборудования. С помощью этих приборов обеспечивают более точную и быструю диагностику неполадок. Механик должен уметь пользоваться этими приборами так же, как и любым другим инструментом, имеющимся в его распоряжении.

Применение контрольно-измерительных приборов предотвращает ненужную замену деталей и узлов, которые обычно затем выбрасываются, и экономит время.

Выбор контрольно-измерительных приборов. Стоимость контрольно-измерительных приборов хорошего качества высокая. Но затраты окупаются, если внимательно подойти к выбору приборов, аккуратно эксплуатировать их и ухаживать за ними. Составив полный перечень контрольно-измерительных приборов, применяемых в холодильной промышленности, необходимо в первую очередь отобрать те приборы, без которых вообще нельзя работать. При этом следует учитывать и стоимость приборов. Универсальный прибор, выполняющий несколько функций, стоит дешевле, чем отдельные приборы. Если такой прибор многоцелевого назначения не очень громоздкий, то с ним нетрудно обращаться, хотя потребуются определенное время для того, чтобы научиться пользоваться им. Приобретение нескольких приборов имеет ряд своих преимуществ: несложно научиться работать с ними, первоначальные затраты относительно ниже на каждую единицу, и, когда один прибор находится в ремонте, можно пользоваться другим.

Ремонт. Запрещается ремонтировать контрольно-измерительные приборы на месте работы. Только в некоторых приборах опытный механик может заменить отдельные детали. Сложный ремонт прибора должен выполнять квалифицированный специалист.

Большинство приборов можно регулировать и калибровать. Приборы необходимо периодически проверять для обеспечения надежных и точных измерений. При калибровке и регулировании приборов следует точно выполнять инструкции завода-изготовителя.

Уход. Чувствительность некоторых приборов зависит от их расположения. Любой прибор должен быть установлен в то положение, в котором его калибровали. Все приборы имеют точку, в которой стрелка находится в состоянии покоя, когда прибор не работает. Это точка называется нулевой.

Необходимо регулярно проверять присоединительные концы приборов, не изношены ли они и не разрушена ли изоляция. Присоединительные концы с треснутой или изношенной изоляцией должны быть заменены. Некоторые такие концы можно заменить на стандартные штыри. Однако в некоторых случаях для замены присоединительных концов используют запасные части, поставляемые заводом-изготовителем в комплекте с данным прибором.

Необходимо, чтобы между присоединительными концами и прибором был прочный и жесткий контакт. Если контакт слабый, то показания прибора могут быть неверными.

Механизм, перемещающий стрелку по шкале прибора, можно рассматривать, как двигатель. Этот механизм выходит из строя

в результате неудовлетворительной смазки, грубого обращения или перегрузок. Если обращаться с прибором в соответствии с инструкцией, он будет работать долго.

Большинство контрольно-измерительных приборов имеет предохранители или автоматические выключатели. Они предназначены для предотвращения повреждения прибора. Всегда следует иметь несколько запасных предохранителей.

С контрольно-измерительными приборами необходимо обращаться осторожно. Приборы должны быть защищены от масла, пыли и влаги. Запрещается переносить или хранить их без защитных кожухов. Очень высокая или очень низкая температуры также оказывают на них вредное воздействие.

Батареи, используемые в контрольно-измерительных приборах, должны быть хорошего качества. Необходимо часто проверять батареи на коррозию, так как иногда по этой причине происходит утечка кислоты до того, как вся энергия израсходована. Кислота выливающаяся из батареи, разрушает прибор. Из прибора, который часто не используют, следует вынимать батарею. Ее необходимо хранить отдельно от прибора.

При хранении контрольно-измерительного прибора следует убедиться в том, что селекторный переключатель шкалы не находится в положении, при котором батареями выдается энергия. Если в приборе нет разъединителя, присоединительные концы должны быть отсоединены, когда прибором не пользуются.

Вольтметр

Вольтметр является, вероятно, наиболее часто используемым прибором. Он имеет очень простую шкалу (рис. 178). Механик может иметь дело с напряжением в диапазоне от милливольт до 5000 В и даже выше. В связи с этим при работе следует соблюдать определенные меры предосторожности.

При работе необходимо установить селекторный переключатель на соответствующую рабочую функцию. Когда напряжение в сети неизвестно, сначала надо проверить электрическую схему, переключая

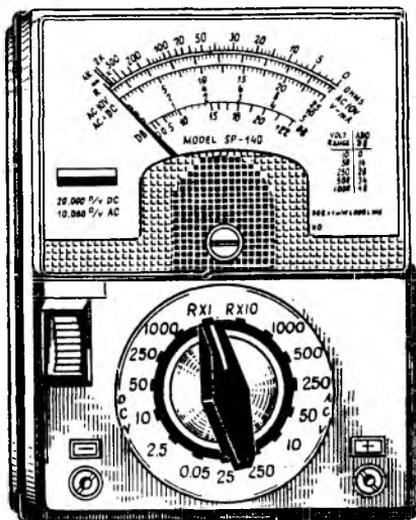


Рис. 178. Универсальный контрольно-измерительный прибор.

измерительный прибор на максимальную шкалу. Измерение необходимо продолжать до тех пор, пока не будет найдена шкала, на которой стрелка будет находиться примерно на ее середине, где показания наиболее точны.

Омметр

Омметр используют для измерения сопротивления, проверки непрерывности цепи, быстрой проверки конденсаторов, а также для испытания некоторых полупроводниковых приборов. В большинстве случаев омметр выходит из строя из-за того, что его подключают в цепь или к узлу, который не отсоединен от источника напряжения, т. е. не обесточен. Омметр имеет собственный источник питания и не может работать надежно на другом источнике.

При измерении неизвестного по величине сопротивления или при проверке непрерывности цепи работу с прибором лучше всего начинать, переключив его на шкалу минимального сопротивления. Переключая прибор, следует подобрать шкалу с таким диапазоном, где стрелка будет на середине шкалы.

При проверке сопротивления необходимо сначала выбрать нужную шкалу сопротивлений и вставить штыри прибора в соответствующие гнезда. Концы штырей соединяют между собой и поворачивают регулировочную ручку до тех пор, пока прибор не покажет нулевое сопротивление. При изменении шкалы прибор следует повторно откалибровать на нуль. Если это сделать не удастся, то батареи нужно заменить.

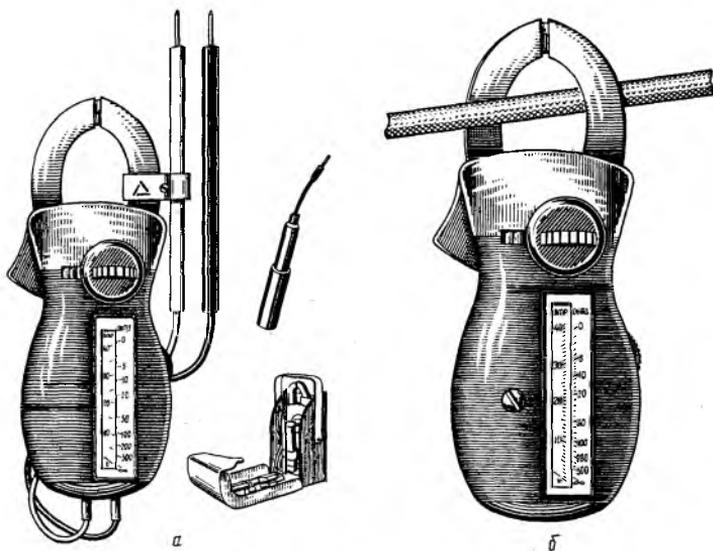


Рис. 179. Бесконтактный амперметр:
а — общий вид; б — измерение.

Отсутствие обрыва в переключателе или проводе электро-схемы приводит к отклонению стрелки прибора на нуль. Если стрелка омметра не перемещается из положения «Выключено», то в проверяемой цепи имеется обрыв.

Остановка стрелки между бесконечностью и нулем обозначает, что прибор измеряет сопротивление проверяемой цепи. Положение стрелки на отметке «Бесконечность» означает, что сопротивление очень высокое и возможен обрыв схемы.

Бесконтактный амперметр

Бесконтактный амперметр является наиболее распространенным прибором для измерения силы переменного тока в схеме, так как это измерение может быть осуществлено без разъединения электрической цепи (рис. 179). Для того чтобы проверить силу тока, необходимо зажать захваты прибора вокруг одного из проводов, подающего ток в проверяемую цепь.

Амперметры этого типа предназначены для измерения силы тока только в схемах переменного тока. Этот прибор измеряет силу тока в проводе, который в данном случае представляет собой первичную обмотку трансформатора. Захваты прибора служат в качестве вторичной обмотки трансформатора. Этот прибор дает точные показания, когда токонесящий провод находится в центре захватов. Для обеспечения большей точности прибора сопрягаемые поверхности захватов должны быть чистыми.

При испытании схемы, в которой сила тока низкая, провод следует обернуть вокруг одного из захватов амперметра. Чувствительность прибора выше при большем количестве витков

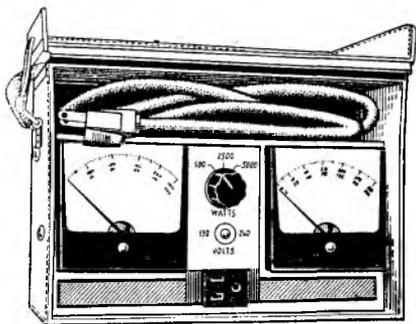


Рис. 180. Вольт-ваттметр.

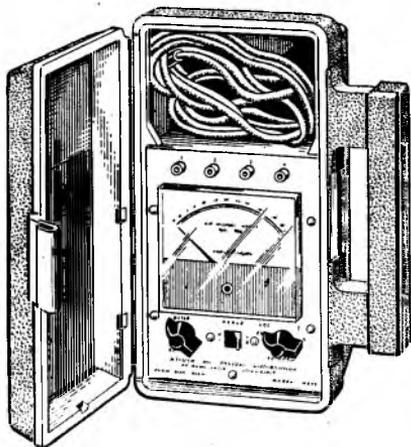


Рис. 181. Электронный температурный тестер.

провода. Чтобы определить величину силы тока, следует показание прибора разделить на количество витков провода вокруг захвата.

Вольт-ваттметр

Вольт-ваттметр предназначен для измерения напряжения и мощности, потребляемой агрегатом (рис. 180). В начале работы прибор следует установить на максимальный диапазон, так как мощность большинства двигателей при пуске очень высокая. Когда агрегат уже работает, можно выбрать соответствующую шкалу, чтобы стрелка прибора заняла положение в ее середине.

Прибор для испытания конденсатора

Прибор для испытания конденсатора занимает важное место в наборе инструментов механика. Его используют для проверки исправности конденсаторов, для определения емкости и коэффициента мощности. Прибор имеет шкалы для измерения напряжения, при котором он работает, и емкости конденсатора. Этот прибор используют для проверки рабочих и пусковых конденсаторов компрессора.

Тестер для измерения температуры

Большинство электронных тестеров (рис. 181) имеют термисторные выводы для измерения температуры ниже 93 °С. Эти выводы нельзя ремонтировать. Если они не функционируют соответствующим образом, необходимо их заменить. С помощью этих выводов можно измерять температуру в нескольких точках, не нарушая при этом нормального цикла работы агрегата.

Выпускают самопишущие тестеры с записью времени и температуры на бумаге (рис. 182). Эти приборы используют для измерения переменных температур. При работе такого прибора необходимо обеспечить непрерывную подачу бумаги и чернил.

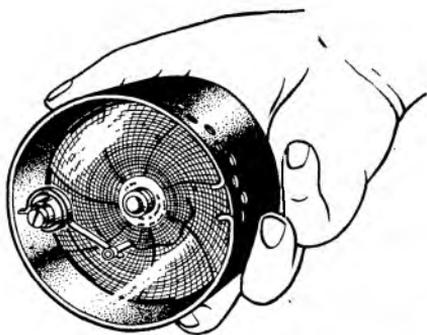


Рис. 182. Термометр-самописец.



Рис. 183. Микроамперметр.

Микроманометр

Когда необходимо точно определить вакуум внутри системы, чаще всего используют микроманометр (рис. 183). Этот прибор работает от источника электропитания и имеет чувствительный пробник для измерения теплопроводности газа в системе, подвергаемой вакуумированию. Он предназначен для измерения глубокого вакуума. Шкала прибора градуирована в микронах.

Микрочувствительный элемент не предназначен для измерения давления выше атмосферного. В связи с этим должны быть обеспечены определенные меры предосторожности для защиты пробника при зарядке системы хладагентом.

Милливольтметр

Милливольтметр предназначен для измерения напряжения в тысячных долях вольта (рис. 184). Этот прибор используют для проверки выходного напряжения термодар приборов защиты с управляющим устройством, применяемых в системах кондиционирования воздуха и отопления. Часто возникает необходимость в проверке напряжения в замкнутой схеме термодары. Имеется специальный переходник, который позволяет осуществлять проверку термодары под нагрузкой (рис. 185).

Электронный течеискатель

Электронный течеискатель (рис. 186) — очень чувствительный прибор. Во время его работы пар хладагента перемещается поперек ионизационного элемента. В приборе используют раз-

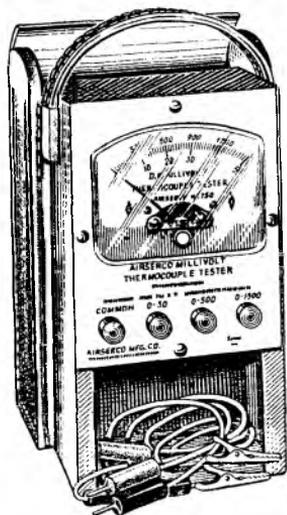


Рис. 184. Милливольтметр.

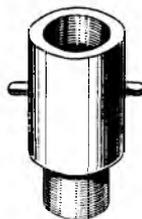


Рис. 185. Переходник для измерения напряжения термодары с замкнутой схемой.

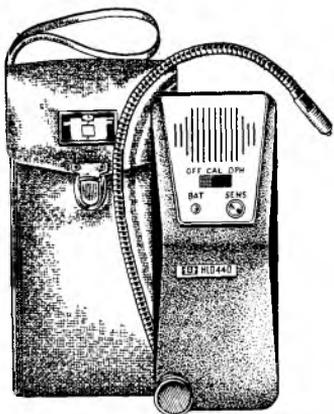


Рис. 186. Электронный переносной течейскаатель.

ные устройства, предупреждающие потребителя о наличии утечки хладагента. Некоторые приборы испускают звук высокой тональности, в других начинает работать мигающая лампа, а в третьих включается зуммер. Эти приборы нельзя использовать для определения утечки таких хладагентов, как аммиак и сернистый ангидрид.

Устройство для настройки термореле

Устройство предназначено для настройки термореле холодильных систем (рис. 187). Сосуд устройства частично заполнен спиртом. В спирт помещают термометр и чувствительный баллон термореле. Кожух вокруг этого сосуда для охлаждения спирта заполняют жидким хладагентом. При охлаждении спирта по термометру определяют температуру размыкания контактов термореле. Температуру замыкания контактов термореле определяют при прекращении потока жидкого хладагента, что приводит к нагреву устройства и повышению температуры спирта.

Анализатор для герметичного компрессора

Анализатор для герметичного компрессора (рис. 188) предназначен для выполнения целого ряда функций: реверсирования направления вращения двигателя для попытки запуска закли-

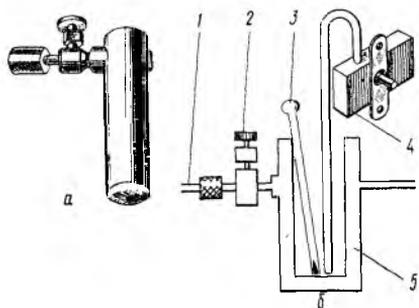


Рис. 187. Устройство для настройки термореле:

a — общий вид; *b* — разрез; 1 — шланг для подачи фреона; 2 — вентиль; 3 — термометр; 4 — термореле; 5 — сосуд со спиртом.



Рис. 188. Анализатор для герметичного компрессора.

ненного компрессора, проверки пусковых конденсаторов, проверки вспомогательного конденсатора, проверки обмоток двигателя в целях определения их исправности. Некоторые анализаторы можно использовать в качестве амперметра, вольтметра, а также прибора для проверки конденсаторов и реле.

Анализатор реле напряжения

Этот прибор (рис. 189) предназначен для выполнения следующих функций: проверки исправности реле, определения напряжения при включении и выключении реле, для ручного управления реле, для определения обрывов в электроцепи, определения дефектов реле.

Психрометр

Психрометр предназначен для определения относительной влажности воздуха. Он имеет два обычных ртутных термометра. На термобаллоне одного термометра имеется фитиль, смоченный водой. Психрометр вращают до тех пор, пока на обоих термометрах не будет постоянного показания. Относительную влажность определяют по диаграммам относительной влажности.

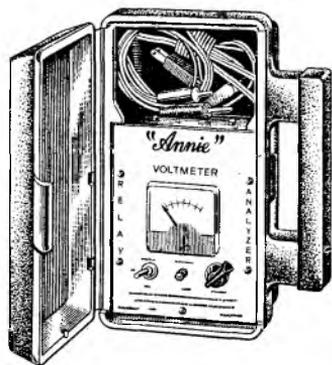


Рис. 189. Анализатор для реле напряжения.

Правила безопасности

Контрольно-измерительные приборы необходимы для эффективного обслуживания холодильного оборудования. Информация, полученная посредством поврежденных приборов, бесполезна. Необходимо соблюдать все меры предосторожности для обеспечения нормального функционирования приборов.

1. Запрещается включать омметр в электрическую схему, находящуюся под нагрузкой.

2. Запрещается ронять, толкать или бросать контрольно-измерительные приборы.

3. При работе с приборами следует пользоваться шкалой большего диапазона, чем это требуется (за исключением омметра), а затем переходить на шкалу меньшего диапазона до достижения среднего положения стрелки, предотвращая тем самым поломку прибора.

4. Необходимо выбирать прибор в соответствии с его назначением.

5. Запрещается использовать манометры для измерения давлений, превышающих возможности данного прибора.
6. Необходимо защищать контрольно-измерительные приборы от неблагоприятных погодных условий.
7. Запрещается делать прямое присоединение к контрольно-измерительному прибору в обвод плавкого предохранителя.
8. Запрещается оставлять термометр под прямыми лучами солнца, так как ртуть может выйти за пределы шкалы и разорвать его.

Выводы

Контрольно-измерительные приборы помогают механику быстрее и точнее осуществлять обслуживание.

При использовании контрольно-измерительных приборов предотвращается ненужная замена деталей и узлов, а также экономится время.

Необходимо проявлять осторожность при выборе контрольно-измерительных приборов.

Запрещается ремонтировать контрольно-измерительные приборы на месте работы.

Некоторые приборы очень чувствительны к расположению, и необходимо всегда их ставить в правильное положение.

Запрещается ремонтировать присоединительные концы приборов. При износе или повреждении присоединительные концы необходимо заменять.

Нельзя хранить контрольно-измерительные приборы в ящике с инструментами.

Нельзя хранить контрольно-измерительные приборы при очень высокой или очень низкой температуре.

Правильное применение контрольно-измерительных приборов обеспечивает более точную и быструю диагностику неполадок.

Вольтметр является наиболее часто используемым прибором.

Омметр применяют для измерения сопротивления, проверки непрерывности цепи, быстрой проверки конденсаторов, а также для испытания некоторых полупроводниковых приборов.

Бесконтактный амперметр является наиболее распространенным прибором для измерения силы переменного тока в схеме. Измерение можно осуществлять без его непосредственного включения в электрическую схему.

Вольт-ваттметр предназначен для измерения напряжения и мощности, потребляемой агрегатом.

Прибор для испытания конденсатора предназначен для проверки его исправности, определения емкости и коэффициента мощности.

Тестеры температуры предназначены для точного определения температуры во время эксплуатации оборудования.

Микроманометр используют для измерения глубокого вакуума, который невозможно измерить с помощью обычных вакуумметров.

Милливольтметр предназначен для измерения напряжения на выходе термодпары.

Электронным течеискателем обнаруживают утечки хладагента. Он является очень чувствительным прибором.

Точную настройку термореле холодильных систем выполняют с помощью специального устройства.

Анализатор применяют при обслуживании герметичных компрессоров.

Анализатор реле напряжения используют для проверки их состояния.

Психрометр предназначен для определения относительной влажности воздуха.

Контрольные вопросы

1. Назначение контрольно-измерительных приборов.
2. Почему необходимо батареи хранить отдельно от приборов, используемых редко?
3. Назначение предохранителей и автоматических выключателей в контрольно-измерительных приборах.
4. В какое положение необходимо поставить селекторный переключатель шкалы при хранении контрольно-измерительного прибора?
5. Какой контрольно-измерительный прибор используют наиболее часто?
6. Какой контрольно-измерительный прибор имеет самую простую шкалу?
7. Какой контрольно-измерительный прибор используют для проверки непрерывности электрической цепи?
8. Чем удобны амперметры, надеваемые на провод?
9. Назначение прибора для испытания электрического конденсатора.
10. Расскажите о преимуществах использования тестера температуры.
11. Когда применяют микроманометр?
12. В каких случаях запрещается использовать электронный теченскаль?
13. Какая жидкость находится в сосуде устройства для проверки термореле?
14. Когда следует использовать анализатор для герметичного компрессора?
15. Какой прибор используют для определения относительной влажности воздуха?

Глава 10. Электродвигатели и регуляторы управления электродвигателями

Теория электродвигателя

Работа всех электродвигателей основана на законах магнетизма и магнитной индукции.

Самый простой электродвигатель состоит из ротора (постоянного магнита), смонтированного на подвижном валу, и двух проволочных катушек, расположенных в наружном корпусе двигателя (рис. 190). Проволочные катушки являются магнитными неподвижными полюсами. Катушки создают сильное магнитное поле, когда через них проходит электрический ток.

Основное различие между однофазными двигателями, используемыми в холодильном оборудовании и в системах кондиционирования воздуха, заключается в величине пускового момента.

Законы магнитного притяжения утверждают, что одноименные полюсы отталкиваются друг от друга, а разноименные притягиваются. Верхний (северный) полюс, помеченный буквой *N* на рис. 191, притягивает южный полюс *S* ротора. В связи с тем что статор неподвижный, ротор перемещается в направлении полюсов статора и начинается вращение вала.

В настоящее время применяют переменный ток частотой 60 Гц. Это означает, что используемые электродвигатели должны

быть сконструированы для работы на таком токе. Когда используют переменный ток, его направление попеременно реверсируется от высокого отрицательного потенциала до высокого положительного потенциала. В современных электрических системах это реверсирование происходит 60 раз в секунду. В связи с этим реверсируется полярность каждой катушки статора при каждом изменении потенциала с отрицательного на положительный.

Благодаря реверсированию полярности магнитных полюсов статора ротор попеременно притягивается и отталкивается обмотками статора. Поэтому, до того как ротор может остано-

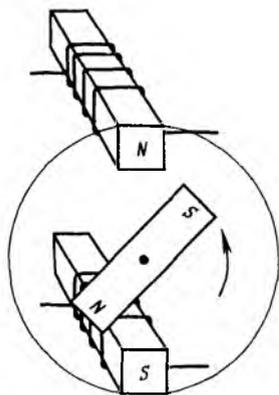


Рис. 190. Принцип работы простого электродвигателя.

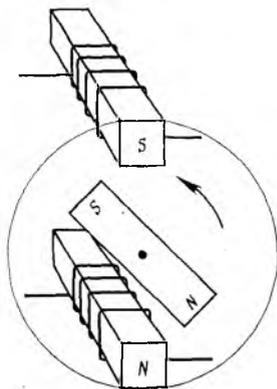


Рис. 191. Отталкивание и притяжение ротора.

виться на одной линии с полюсами статора, ток меняет свое направление, в результате чего изменяется также магнитная полярность полюсов. Ротор перемещается за линию, соединяющую оба неподвижных полюса. Южный полюс статора притягивает северный полюс ротора (рис. 191), а северный полюс статора отталкивает южный полюс ротора. Таким образом поддерживается непрерывность действия притягивания и отталкивания. Ротор продолжает вращаться до тех пор, пока полюсы изменяют свою магнитную полярность. Теоретически создается частота вращения ротора 60 об/с, или 3600 об/мин. Это синхронная частота вращения двигателя. Математически синхронная частота вращения двигателя определяется следующей формулой:

$$\text{Синхронная частота вращения} = \frac{120 \times \text{частоту штока}}{\text{количество полюсов}}.$$

Например, синхронная частота вращения двухполюсного двигателя равна $120 \cdot 60 / 2 = 3600$ об/мин.

Синхронная частота вращения четырехполюсного двигателя равна $120 \cdot 60/4 = 1800$ об/мин.

Из предыдущего объяснения легко уяснить, что, пока полюсы статора попеременно изменяют свою полярность, ротор будет вращаться. Основная трудность, однако, заключается в пуске ротора, а не в его последующей работе.

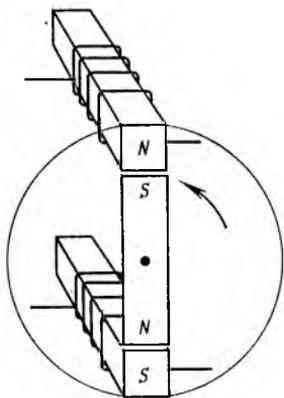


Рис. 192. Ротор на одной линии с полюсами статора.

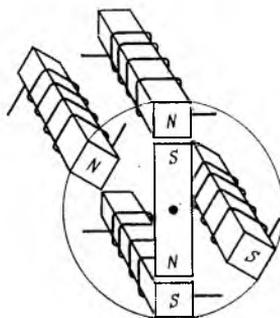


Рис. 193. Фазовый полюс статора.

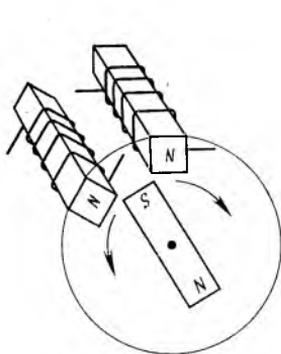


Рис. 194. Равное притяжение ротора двумя полюсами.

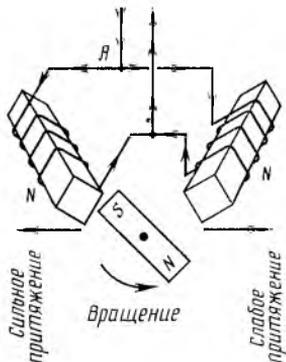


Рис. 195. Сильное и слабое притяжение полюсов статора.

Если остановить ротор на одной линии с полюсами статора, ротор невозможно было бы включить в работу независимо от полярности двух полюсов статора (рис. 192). В этом положении северный полюс статора притягивает южный полюс ротора и он не вращается. Даже в том случае, когда полюс статора изменяется на южный, силы отталкивания будут под таким углом, что ротор не будет вращаться.

Однако, если в статоре установить еще один полюс, ротор может начать вращаться (рис. 193). Полюс статора слева обеспечивает достаточное магнитное притяжение, чтобы повернуть ротор влево и начать его вращение.

Однако, если ротор остановится между этими двумя полюсами, проблема пуска ротора все еще будет существовать (рис. 194). Когда полярность полюсов установлена, магнитное притяжение ротора одинаковое в обоих направлениях.

Очевидным решением будет схема, в одном полюсе статора которой образуется значительная магнитная индукция до того, как она появится в другом полюсе. На рис. 195 обе катушки статора соединены с общим источником питания. Электрическая энергия поступает в схему двигателя в точке А. Ток в этой точке делится на два потока: один поток течет налево, а другой — направо. Если можно заставить ток течь налево до того момента, когда он начнет течь направо, левый полюс статора получит сильную северную полярность раньше правого полюса статора. В связи с этим сильное притяжение к левому полюсу преодолевает более слабое притяжение к правому полюсу, и в результате ротор будет вращаться.

Если подача тока в левый полюс предшествует подаче тока в правый полюс статора, то проблема пуска двигателя решена. Другими словами, необходимо иметь двухфазный ток для обеспечения магнитного притяжения и отталкивания, которые требуются для пуска двигателя. Двухфазный ток образуется конденсатором.

Конденсаторы

Для того чтобы понять, каким образом конденсатор образует вторую фазу тока, которая необходима для пуска двигателя, следует рассмотреть некоторые основные моменты, касающиеся переменного напряжения и тока.

Для иллюстрации этих факторов требуется простая схема сопротивления. На рис. 196 напряжение, подаваемое из точки А в точку В, показано справа в виде синусоиды. В связи с тем что течение тока через нагрузку сопротивления будет в фазе с подаваемым напряжением (сплошная линия), токовая часть волны (штриховая линия) будет находиться в пиковой точке,

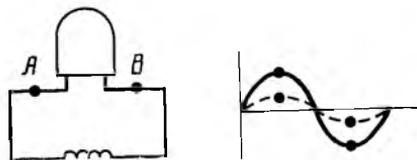


Рис. 196. Простая схема сопротивления.

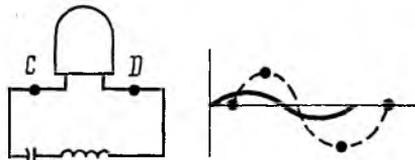


Рис. 197. Схема конденсатора.

когда напряжение находится в пиковой точке, и в нулевой точке, когда напряжение равно нулю.

Если конденсатор установлен в схеме переменного тока, ток нагрузки не будет оставаться в одной фазе с подаваемым напряжением. В схеме конденсатора течение тока будет опережать подаваемое напряжение. На рис. 197 конденсатор соединен последовательно с активной нагрузкой. Напряжение, которое подается в точки *C* и *D*, имеет ту же форму волны, что и в точках *A* и *B* на рис. 196. Волна тока (штриховая линия) теперь опережает волну подаваемого напряжения.

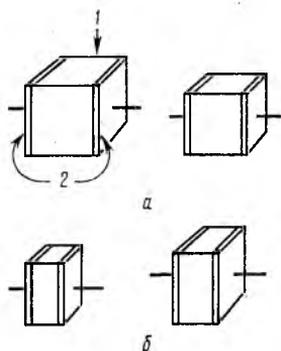


Рис. 198. Влияние пластин и слоя изоляции на емкость конденсаторов: *a* — малая емкость; *b* — большая емкость; 1 — изоляция; 2 — металлические пластины.

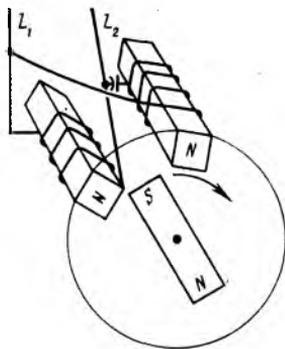


Рис. 199. Применение конденсатора.

Теперь видно, что при соединении конденсатора последовательно с одной из двух обмоток статора ток, который течет через эту обмотку, опережает ток, который течет через обмотку, соединенную непосредственно с источником питания.

Ранее было сказано, что конденсатор является узлом, обеспечивающим двухфазный электрический ток, требуемый для пуска двигателя. В связи с этим необходимо знать его основные характеристики.

Емкость конденсатора определяется в миллионных долях фарады или в микрофарадах. Большая емкость — результат применения больших металлических пластин и небольшого количества изоляции между пластинами. Малая емкость — результат применения небольших металлических пластин и значительного количества изоляции между пластинами (рис. 198).

Когда конденсатор с большой емкостью соединяется последовательно с нагрузкой, происходит значительный сдвиг фаз между подаваемым напряжением и нагрузкой. Этот сдвиг фаз

обеспечивает высокий пусковой момент однофазных двигателей. Использование конденсатора малой емкости приводит к незначительному сдвигу фаз и низкому пусковому моменту.

Кроме того, очень важным является количество электрической энергии, которое течет через последовательно соединенную нагрузку при использовании конденсаторов различной емкости. Конденсаторы большой емкости обеспечивают значительный поток тока через последовательно соединенную нагрузку.

Чтобы создать сдвиг фаз, необходимый для пуска однофазных двигателей, разработано два типа конденсаторов. Размеры конденсаторов не характеризуют их емкость. Рабочий конденса-

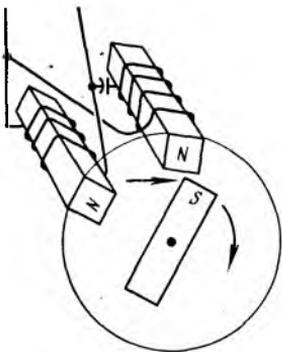


Рис. 200. Отклонение ротора.

тор обычно имеет малую емкость, большие размеры. Это обусловлено использованием диэлектрической масляной изоляции. Масло рассеивает тепло, поступающее от пластин, в окружающую среду. Рабочий конденсатор обеспечивает низкий пусковой момент и малую величину тока через последовательно соединенную нагрузку.

Емкость пускового конденсатора обычно больше емкости рабочего конденсатора. Пусковой конденсатор выключается из схемы через несколько секунд после пуска двигателя, так как он не предназначен для значительной величины тока в течение длительного времени. Пусковой конденсатор может быть серьезно поврежден, если оставить его в схеме на длительное время.

Для графической иллюстрации этого принципа двигатель с полюсом вспомогательного статора, который был показан на рис. 193, теперь изображен на рис. 199. В данном случае обе обмотки полюсов соединены поперек линии подачи электроэнергии. Конденсатор соединен последовательно с полюсом, расположенным справа. Ротор остановился в положении между двумя полюсами.

В связи с этим ток, проходящий через полюс правого статора, опережает ток, который течет через полюс левого статора. Таким образом, магнитное поле северного полюса правого статора становится более сильным, чем магнитное поле полюса левого статора. В результате южный полюс ротора отклоняется к полюсу статора справа, и тем самым создается пусковой момент.

Ток через мгновение меняет направление в полюсе правого статора, и полярность полюса статора реверсируется (рис. 200). Теперь южный полюс статора отталкивает южный полюс ротора. Это отталкивание увеличивает количество выполняемой

работы.

двигателем работы. Из рассмотренного выше видно, что наличие в схеме конденсатора увеличивает эффективность двигателя.

Существует пять типов однофазных электродвигателей, используемых в настоящее время в холодильной технике и оборудовании для кондиционирования воздуха: с расщепленной фазой, с конденсаторным пуском, конденсаторный с постоянно расщепленной фазой, с конденсаторным пуском и работой, с экранированными полюсами.

Двигатели с расщепленной фазой

Эти двигатели имеют мощность от 37 до 250 Вт. Двигатели с расщепленной фазой используют для привода вентиляторов и насосов. В этом типе двигателя пусковой момент умеренный и ненамного превышает крутящий момент при установившемся режиме работы.

Двигатели с расщепленной фазой являются однофазными асинхронными двигателями, имеющими ротор и статор, обмотка которого заключена в изолированные пазы пластинчатого стального сердечника. Обмотка статора состоит из двух отдельных обмоток: рабочей обмотки, или главной, и пусковой обмотки, или фазовой. Эти две обмотки имеют параллельное соединение (рис. 201, а). Пусковая обмотка помещается в положение магнита относительно главной обмотки для эффективного образования двухфазного поля, требуемого для пуска однофазного асинхронного двигателя и для доведения его до нормальной рабочей частоты вращения. После того как двигатель достигает примерно 75 % нормальной рабочей частоты вращения, центробежный размыкатель, приводимый в действие управляющим механизмом с грузиком, выключает из электрической схемы пусковую обмотку (рис. 201, б). После того как центробежный размыкатель выключает пусковую обмотку, двигатель с расщепленной фазой работает, как однофазный асинхронный двигатель.

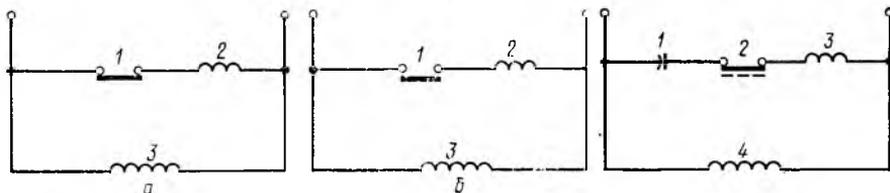


Рис. 201. Схема двигателя с расщепленной фазой:

а — переключатель замкнут (при пуске); б — переключатель разомкнут (двигатель работает при номинальной частоте вращения); 1 — переключатель; 2 — пусковая обмотка; 3 — рабочая обмотка.

Рис. 202. Схема двигателя с конденсаторным пуском:

1 — пусковой конденсатор; 2 — переключатель; 3 — пусковая обмотка; 4 — рабочая обмотка.

Двигатели с конденсаторным пуском

Эти двигатели аналогичны двигателям с расщепленной фазой, за исключением того, что в них используют пусковой конденсатор, который последовательно соединен с пусковой обмоткой (рис. 202). Конденсатор предназначен для повышения пускового момента и снижения пускового тока. Конденсатор выключается из схемы центробежным размыкателем, когда двигатель развивает примерно 75 % от нормальной рабочей частоты вращения.

В связи с тем что конденсатор включен в схему только во время пуска, рабочие характеристики двигателей с расщепленной фазой и с конденсаторным пуском идентичны при одинаковой мощности двигателей.

Двигатели с конденсаторным пуском используют в том случае, когда требуются высокий пусковой момент (150—350 % от крутящего момента) или низкая пусковая мощность. Эти двигатели обслуживают такое оборудование, как компрессоры, большие вентиляторы и водяные насосы.

Двухскоростные двигатели

В двухскоростных двигателях с расщепленной фазой и конденсаторным пуском имеются три отдельные обмотки: пусковая, низкоскоростная рабочая и высокоскоростная рабочая (рис. 203, а). Низкоскоростная и высокоскоростная обмотки имеют внешнее переключающее реле в цепи управления.

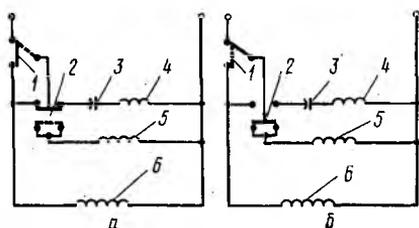


Рис. 203. Схема двухскоростного двигателя:

а — при высокой частоте вращения; б — при низкой частоте вращения; 1 — внешний переключатель; 2 — внутренний переключатель; 3 — пусковой конденсатор; 4 — пусковая обмотка; 5 — низкоскоростная рабочая обмотка; 6 — высокоскоростная рабочая обмотка.

При высокой частоте вращения двигатель работает, как односкоростной с использованием только пусковой и высокоскоростной рабочей обмоток. Во время работы с низкой частотой вращения двигатель начинает работать на пусковой и высокоскоростной рабочей обмотках. После завершения цикла пуска двигатель переключается на низкоскоростную рабочую обмотку (рис. 203, б).

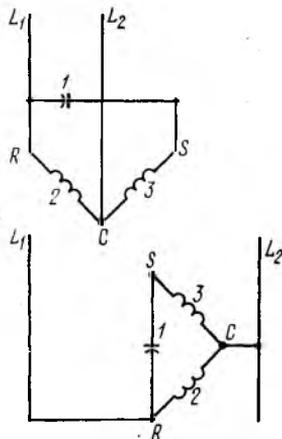
Двухскоростные двигатели используют для привода вентиляторов в системах кондиционирования воздуха с плавным регулированием интенсивности потока воздуха.

Центробежный размыкатель

Центробежный размыкатель является важным узлом двигателя с расщепленной фазой и с конденсаторным пуском. Центробежный размыкатель состоит из четырех основных деталей:

подвижного контактного рычага, неподвижной контактной пластины, управляющего грузика и пружины грузика. Контактный рычаг поворачивается и удерживается в определенном положении двумя штифтами. Нажимная пружина на верхнем штифте удерживает контакты открытыми, когда размыкатель находится в рабочем положении.

Когда двигатель не работает, управляющий грузик опирается на контактный рычаг, который удерживает одну пару контактов в закрытом положении, а другую — в открытом. Когда двигатель включен, ротор начинает вращаться и по мере увеличения частоты его вращения центробежные силы преодолевают силу пружины управляющего грузика. Штифт нажимает на контактный рычаг, который перемещается к ротору, размыкая контакты и выключая пусковую обмотку. Другие контакты замыкаются, включая внешнюю схему, в которой имеются индикаторные лампы, нагреватель, реле и т. д.



Однофазные конденсаторные двигатели с постоянно расщепленной фазой

Двигатели этого типа широко применяются в холодильном оборудовании и в системах кондиционирования воздуха. Их используют для привода вентиляторов и некоторых компрессоров. Эти двигатели имеют умеренный пусковой момент и высокий эксплуатационный КПД. Компрессоры, работающие с такими двигателями, следует монтировать в холодильных установках, в которых давления хладагента уравниваются во время нерабочей части цикла.

Двигатели с постоянно расщепленной фазой содержат рабочий конденсатор, который последовательно соединен с пусковой обмоткой (рис. 204). Рабочий конденсатор выполняет две важные функции. Во-первых, он создает характеристики расщепленной фазы, требуемые для пуска двигателя. Во-вторых, так как конденсатор не выключается, расщепленная фаза обеспечивает эффективную работу двигателя. Пусковая обмотка сделана из проволоки намного меньшего сечения, чем рабочая обмотка. У нее также намного больше витков, чем в рабочей обмотке. В связи с этими различиями пусковая обмотка имеет более высокое сопротивление, чем рабочая обмотка. Кроме того, пусковая обмотка не выдерживает большой потребляемой мощности в течение длительного времени. Поэтому рабочий конденсатор

Рис. 204. Схема однофазного конденсаторного двигателя с постоянно расщепленной фазой:

- 1 — рабочий конденсатор;
- 2 — рабочая обмотка; 3 — пусковая обмотка.

должен иметь малую емкость для ограничения величины тока, проходящего через пусковую обмотку. При использовании рабочих конденсаторов малой емкости образуется только небольшой сдвиг фаз, поэтому двигатель имеет только умеренный пусковой момент. Рабочий конденсатор всегда присоединен к рабочим и пусковым клеммам двигателя.

Двигатели с конденсаторным пуском и работой

Эти двигатели имеют лучшие характеристики, чем двигатели с постоянно расщепленной фазой и двигатели с конденсаторным пуском. Двигатель с расщепленной фазой отличается высоким эксплуатационным КПД, но имеет умеренный пусковой момент. Двигатель с конденсаторным пуском характеризуется значительным пусковым моментом, но более низким эксплуатационным КПД, чем двигатель с постоянно расщепленной фазой.

Таким образом, двигатель с конденсаторным пуском и работой (рис. 205) обладает значительным пусковым моментом, как и двигатель с конденсаторным пуском, а также высоким эксплуатационным КПД, как и двигатель с постоянно расщепленной фазой. Схема двигателя с постоянно расщепленной фазой объединяется со схемой двигателя с конденсаторным пуском, к ним добавляется пусковое реле, которое заменяет центробежный размыкатель, рассмотренный ранее. Двигатели с такой схемой можно использовать в герметичных и бессальниковых компрессорах.

Во время работы, когда электропитание подается к двигателю, он включается, как двигатель с конденсаторным пуском. При достижении двигателем частоты вращения 75 % от номинальной реле выключает пусковой конденсатор из схемы и двигатель начинает работать, как двигатель с постоянно расщепленной фазой.

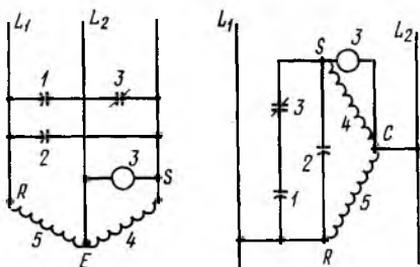


Рис. 205. Схема двигателя с конденсаторным пуском и работой:

1 — пусковой конденсатор; 2 — рабочий конденсатор; 3 — пусковое реле; 4 — пусковая обмотка; 5 — рабочая обмотка.

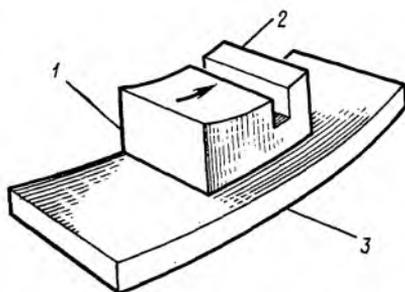


Рис. 206. Полюс двигателя с экранированными полюсами:

1 — основная часть полюса; 2 — экранированная часть полюса; 3 — пластинчатый сердечник.

Двигатели с экранированными полюсами

Эти двигатели имеют очень низкий крутящий момент. Поэтому они имеют небольшие размеры, и их мощность не превышает 370 Вт. Двигатели с экранированными полюсами используются в небольших вентиляторах, насосах и реле времени. Стоимость этих двигателей низкая, и они сравнительно надежны.

Полюсы статора изготовлены из стальных пластин, как и в двигателях других типов. Однако полюсы этих двигателей отличаются от полюсов двигателей других типов тем, что они имеют прорезь на торце (рис. 206). Несмотря на то что они представляют собой асинхронные двигатели, обмотки в этих двигателях распределены иначе, чем в обычных асинхронных двигателях. В прорези на торце полюса размещена экранированная катушка, которая может быть сделана из одно-

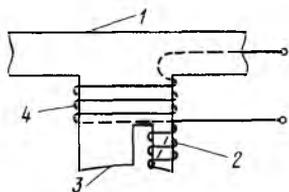


Рис. 207. Обмотки двигателя с экранированными полюсами:

1 — пластинчатый сердечник; 2 — экранированная катушка; 3 — полюс; 4 — рабочая обмотка.

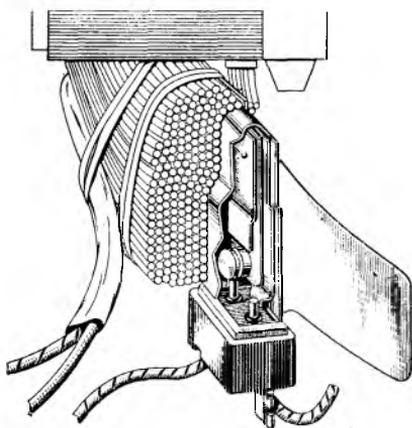


Рис. 208. Расположение прибора внутренней защиты от перегрузки.

жильного или многожильного провода (рис. 207). Экранированная катушка полюса образует замкнутую цепь, которая не соединена с источником питания. Рабочая обмотка навита вокруг оставшейся части полюса.

При подаче тока создается положение, когда главный полюс имеет магнитное поле, которое образуется и исчезает раньше, чем магнитное поле меньшего экранированного полюса.

Главный и экранированный полюсы имеют максимальную величину магнетизма в различные моменты времени. Поэтому при приближении к этой величине один из полюсов на какое-то мгновение будет опережать другой. Магнитная индукция у них различна, в результате чего образуется крутящий момент и ротор вращается.

Приборы защиты однофазных двигателей

Двигатели имеют выключатель для защиты от перегрева, избыточного тока или от того и другого одновременно. Эти приборы защиты от перегрузки могут быть расположены как

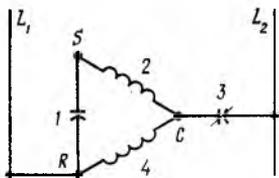


Рис. 209. Схема включения прерывателя внутренней защиты от перегрузки:

1 — конденсатор; 2 — пусковая обмотка двигателя; 3 — прерыватель внутренней защиты; 4 — рабочая обмотка двигателя.

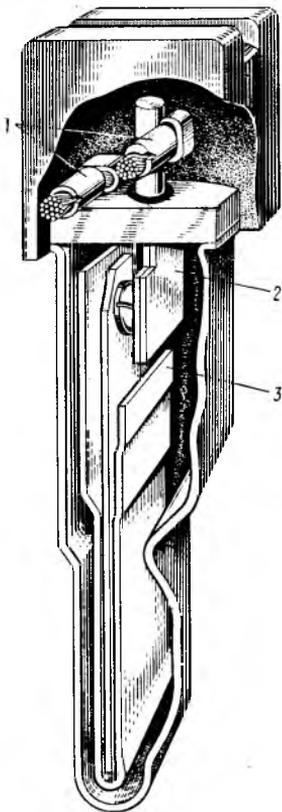


Рис. 210. Термореле внутренней защиты от перегрузки:

1 — выводы цепи управления; 2 — контакты термореле; 3 — биметаллический элемент.

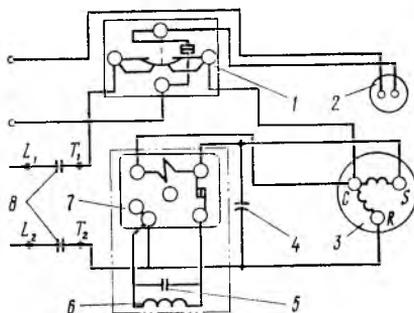


Рис. 211. Схема включения термореле внутренней защиты от перегрузки:

1 — термореле внутренней защиты от перегрузки; 2 — герметичные клеммы для присоединения термореле; 3 — штепсельный блок; 4 — рабочий конденсатор; 5 — пусковой конденсатор; 6 — резистор; 7 — пусковое реле; 8 — двухполюсный контактор.

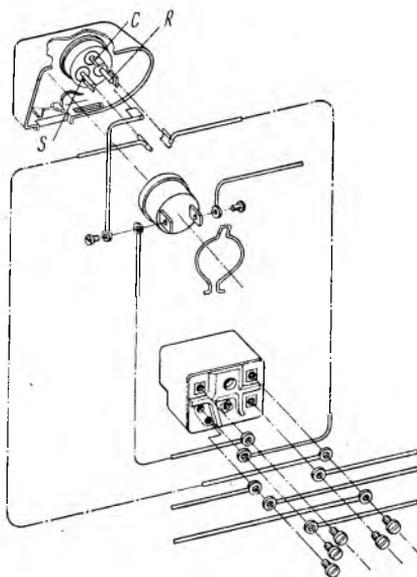


Рис. 212. Расположение прибора наружной защиты от перегрузки.

внутри, так и снаружи двигателя в зависимости от его конструкции.

Внутренняя защита от перегрузки. Приборы внутренней защиты могут быть типа прерывателей или термореле. Оба типа приборов располагают точно в центре зоны наибольшего выделения тепла от обмоток двигателя, в результате чего обеспечивается защита двигателя при избыточных температуре и потребляемой мощности (рис. 208). Прерыватель размыкает цепь, присоединенную к общей клемме обмотки, если наступает

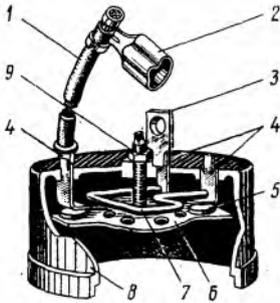


Рис. 213. Наружный прерыватель защиты от перегрузки:

1 — провод в сборе; 2 — штифтовый соединитель; 3 — вывод под винт; 4 — клеммы; 5 — контакты; 6 — биметаллический диск; 7 — нагреватель; 8 — корпус; 9 — винт с контргайкой.

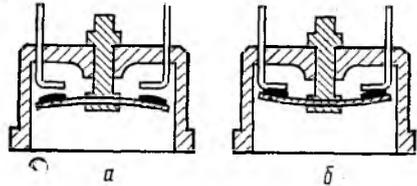


Рис. 214. Контакты прибора наружной защиты от перегрузки: а — разомкнуты; б — замкнуты.

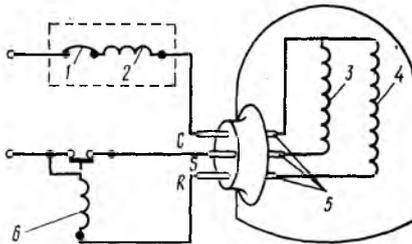


Рис. 215. Схема присоединения прерывателя наружной защиты от перегрузки:

1 — биметаллический диск прерывателя; 2 — нагреватель прерывателя; 3 — пусковая обмотка двигателя; 4 — рабочая обмотка двигателя; 5 — клеммы (проходные контакты герметичного компрессора); 6 — пусковое реле.

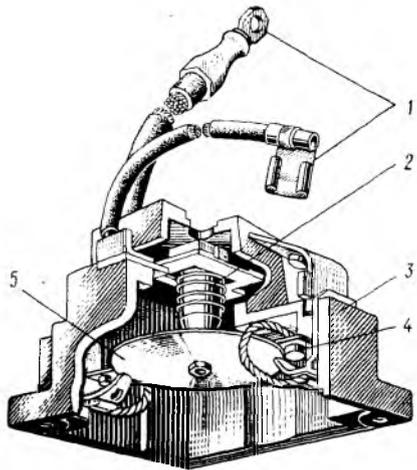


Рис. 216. Термореле наружной защиты от перегрузки:

1 — клеммы; 2 — винт настройки; 3 — корпус; 4 — контакты; 5 — биметаллический диск.

какое-либо из указанных выше состояний (рис. 209). Внутреннюю защиту в виде термореле (рис. 210) также монтируют в обмотке двигателя. Однако термореле размыкает цепь управления контактора или пускателя. Схема соединений представлена на рис. 211. При поломке этих приборов защиты компрессор необходимо заменить.

Наружная защита от перегрузки. Этот тип прибора монтируется снаружи и при поломке может быть заменен. Его монтируют на корпусе двигателя или кожухе герметичного компрессора для восприятия температуры в точке контакта.

Приборы наружной защиты могут быть типа прерывателей или термореле. Эти приборы располагают в специальных местах конструкции (рис. 212). При замене необходимо монтировать точно такие же приборы, иначе защита не будет надежной.

Наружный прерыватель управляется биметаллическим диском (рис. 213). Контакты прерывателя в нормальном состоянии замкнуты и размыкаются при перегрузке (рис. 214). Контакты соединены в схеме с клеммой нейтрального провода обмотки двигателя (рис. 215). При перегрузке двигателя нагреватель прибора, имеющий высокое электрическое сопротивление, выделяет достаточное количество тепла. Под действием тепла биметаллический диск прогибается, размыкая контакты, и цепь к двигателю прерывается. Двигатель затем останавливается и не работает до тех пор, пока прибор защиты не охладится, контакты возвращаются в исходное положение, и электрическая цепь к двигателю замыкается.

Рис. 217. Схема присоединения термореле наружной защиты от перегрузки:

1 — трехполюсный контактор; 2, 4 — термореле наружной защиты; 3 — клеммы герметичного компрессора.

Наружную защиту от перегрузки в виде термореле (рис. 216) монтируют так же, как и прерыватель. Однако контакты размыкают не главную электрическую цепь, а цепь управления. В результате этого контактор или пускатель прерывает подачу силовой электроэнергии (рис. 217).

Проверка однофазных двигателей

Многие механики считают, что определить неполадки в двигателе трудно, в особенности в двигателе с конденсаторным пуском и работой. Если механик знает электрические схемы, то последовательное обследование каждого узла приводит к обнаружению имеющихся в двигателе неполадок.

Необходимо соблюдать правила безопасности при поиске повреждений в любой электрической схеме. Проверяемая электрическая схема должна быть обесточена.

Конденсаторы длительное время после отсоединения от источника питания могут сохранять значительный заряд на своих пластинах. До проверки конденсаторы должны быть разряжены посредством касания каждой клеммы резистором, имеющим сопротивление 20 000 Ом.

Противоэлектродвижущая сила на пусковой обмотке может быть выше подаваемого напряжения. В связи с этим во избежание травм и повреждений следует принять меры предосторожности.

Определение расположения клемм двигателя на компрессоре. Определить расположение клемм обмоток двигателя на компрессоре довольно просто. Когда на компрессоре нет маркировки или нет в наличии инструкций завода-изготовителя, расположение клемм можно определить с помощью омметра. Для определения общей C , пусковой S и рабочей R клемм необходимо на бумаге начертить точное их расположение (рис. 218). С помощью омметра определяют величину сопротивления между клеммами и делают соответствующие пометки на чертеже. При этом нужно знать, что между пусковой и рабочей клеммами сопротивление максимальное, между пусковой и общей клеммами сопротивление среднее, между рабочей и общей клеммами сопротивление минимальное. На рис. 218 — максимальное сопротивление — между клеммами 1 и 2, среднее сопротивление — между клеммами 2 и 3 и минимальное сопротивление — между клеммами 1 и 3. Поэтому клемма 2 — пусковая S , клемма 1 — рабочая R , клемма 3 — общая C .

Сумма сопротивлений между общей и пусковой клеммами, а также между общей и рабочей должна быть равна сопротивлению между рабочей и пусковой клеммами.

Пробой обмотки на корпус. Для проверки пробоя обмотки двигателя на корпус необходимо омметр переключить на максимальную шкалу сопротивления (если это возможно, то на шкалу $R \times 10\,000$). Омметр устанавливают на нуль и прочно соединяют один вывод с корпусом двигателя, а другим

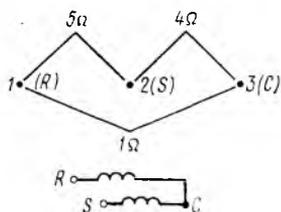


Рис. 218. Определение расположения клемм на компрессоре.

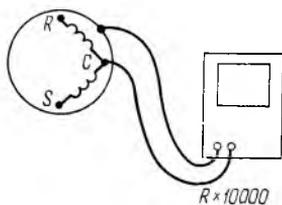


Рис. 219. Проверка пробоя обмоток на корпус.

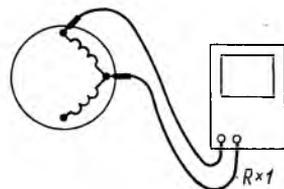


Рис. 220. Проверка разомкнутой или замкнутой накоротко обмотки.

касаются каждой клеммы в отдельности (рис. 219). Сопротивление между обмотками двигателя и корпусом любого герметичного компрессора мощностью 740 Вт или менее должно быть равно, по крайней мере, 1 млн. Ом, если в инструкциях завода-изготовителя не указана другая величина. Двигатели мощностью более 740 Вт должны иметь минимальное сопротивление, равное 1000 Ом/В. Если это возможно, то двигатель должен проработать несколько минут до проверки сопротивления. При тепловой обмотке пробой определять легче, чем при холодной обмотке.

Разомкнутая или замкнутая накоротко обмотка. Если обмотка отсоединилась, то двигатель не работает, а сопротивление будет равно бесконечности. Обмотка, замкнутая накоротко, указывает на то, что изоляция нарушена. Это повреждение самое трудное для обнаружения. Омметр показывает при замкнутой накоротко обмотке сопротивление ниже нормального. Для проверки необходимо пользоваться на омметре шкалой $R \times 1$. Любая величина сопротивления, отличающаяся от обозначенной в технической характеристике изготовителя, указывает на неудовлетворительное состояние обмотки двигателя. Сначала омметр устанавливают на нуль. Клеммы должны быть чистыми и соединения прочными. Один вывод омметра соединяют с одной клеммой и попеременно дотрагиваются другим выводом до остальных клемм (рис. 220).

Замена конденсаторов. В связи с тем что механик для замены не всегда имеет идентичный конденсатор, ему необходимо знать, как определить возможность использования другого конденсатора для данного случая. Существует несколько правил, которым необходимо следовать при замене конденсатора.

1. Напряжение нового конденсатора должно быть равно или выше напряжения заменяемого конденсатора.

2. При замене пусковых конденсаторов емкость нового конденсатора должна быть равной и в любом случае не более чем на 20 % больше емкости заменяемого конденсатора.

3. При замене рабочего конденсатора емкость может отличаться не более чем на $\pm 10\%$ от емкости заменяемого конденсатора.

4. При замене параллельно соединенных конденсаторов новые конденсаторы должны иметь напряжение, которое равно или выше напряжения заменяемых конденсаторов. При этом следует иметь в виду, что общая емкость является суммой емкостей каждого конденсатора.

5. При замене последовательно соединенных конденсаторов суммарное напряжение должно, по крайней мере, быть равным напряжению заменяемых конденсаторов. Общую емкость последовательно соединенных конденсаторов определяют по формуле $C_0 = C_1 C_2 / (C_1 + C_2)$.

Пусковые реле

Пусковое реле предназначено для выключения пусковой цепи, когда двигатель достигает приблизительно 75 % от нормальной рабочей частоты вращения. Его назначение почти совпадает с функцией центробежного размыкателя, рассмотренного ранее. В настоящее время используют четыре типа пусковых реле: токовое, тепловое, реле напряжения и полупроводниковое реле.

Токовое пусковое реле. Токовое пусковое электромагнитное реле (рис. 221, а) обычно используют в двигателях мощностью

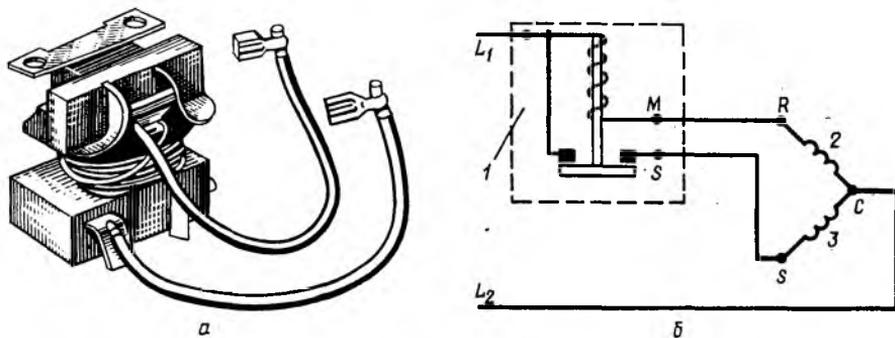


Рис. 221. Токовое реле:

а — общий вид; б — схема присоединения: 1 — токовое реле; 2 — рабочая обмотка двигателя; 3 — пусковая обмотка двигателя.

370 Вт и менее. Катушка реле последовательно соединена с рабочей обмоткой двигателя. В связи с этим проволока катушки должна иметь достаточное сечение для подачи тока в данный двигатель. Реле имеет нормально разомкнутые контакты. Токовое реле следует монтировать таким образом, чтобы якорь с контактами функционировал под действием силы тяжести.

Во время работы, когда регулятор замыкает электрическую цепь к двигателю, величина тока, протекающего через катушку реле, максимальная. Контакты замыкаются под действием электромагнитного поля, создаваемого катушкой реле (рис. 221, б). Когда контакты замкнуты, ток подается в пусковую обмотку двигателя, в результате чего образуется сдвиг фаз, требуемый для пуска двигателя. Когда частота вращения двигателя достигает приблизительно 75 % от номинального значения, противоэлектродвижущая сила в пусковой обмотке противодействует подаваемому току и потребляемая мощность уменьшается. При снижении мощности уменьшается величина магнитного поля, создаваемого катушкой пускового реле, и контакты размыкаются под действием массы якоря, отключая

пусковую обмотку двигателя. Двигатель теперь работает в нормальных условиях. Когда регулятор прерывает подачу питания к двигателю, он останавливается и контакты реле остаются разомкнутыми до тех пор, пока не возобновится подвод энергии к двигателю.

Токовые реле должны соответствовать мощности двигателя и силе тока. Если характеристики реле слишком низкие для данного двигателя, контакты реле могут не замкнуться, в результате чего не включается столь необходимая пусковая цепь. При таких условиях двигатель не будет работать. Если реле слишком велико для данного компрессора, то контакты могут оставаться замкнутыми все то время, когда подается энергия. Поэтому пусковая цепь будет включена постоянно, что может привести к ее повреждению. При работе с реле такого типа необходимо использовать защиту двигателя от перегрузки.

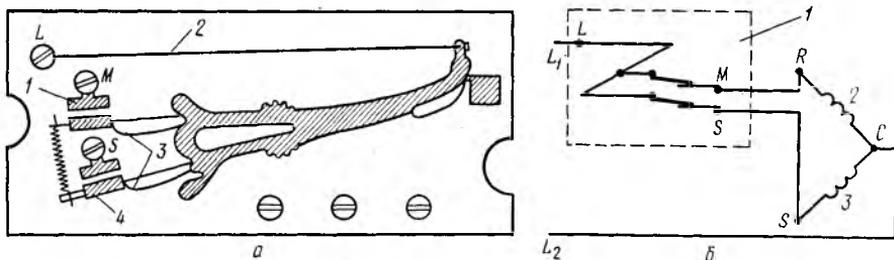


Рис. 222. Тепловое реле:

a — устройство: 1 — рабочие контакты, 2 — нагревающийся провод, 3 — биметаллические пружинные пластины, 4 — пусковые контакты; *б* — схема присоединения: 1 — тепловое реле, 2 — рабочая обмотка двигателя, 3 — пусковая обмотка двигателя

Тепловое реле. Это реле является вариантом токового реле, но оно не приводится в действие электромагнитной катушкой. Для работы реле используют тепло, выделяемое при прохождении электрического тока. При протекании тока через провод он нагревается и передает тепло биметаллической пластине, которая воздействует на контакты (рис. 222, *a*). В данном реле имеются две пары нормально замкнутых контактов для пуска и работы двигателя.

Во время работы, когда регулятор замыкает цепь к двигателю, ток подается к его рабочей и пусковой обмоткам (рис. 222, *б*). Ток, проходящий через рабочую обмотку, которая имеет высокое электрическое сопротивление, нагревает провод реле. Под воздействием тепла биметаллическая пластина реле деформируется, поэтому его пусковые контакты размыкаются, выключая пусковую обмотку двигателя. Рабочие контакты остаются замкнутыми, и реле находится в нормальном рабочем положении. Если через двигатель продолжает проходить большой

ток, то из нагреваемого провода реле выделяется количество тепла, достаточное для дальнейшей деформации биметаллической пластины, в результате чего размыкаются рабочие контакты. Электрическая цепь к рабочей и пусковой обмоткам размыкается. Контакты реле остаются разомкнутыми до тех пор, пока биметаллическая пластина не охладится. Рабочие и пусковые контакты реле замыкаются одновременно, и двигатель снова начинает работать.

Когда используют этот тип пускового реле, другая защита двигателя от перегрузки не нужна. Однако некоторые заводы-изготовители монтируют внутреннюю защиту двигателей от перегрузки совместно с тепловым реле. Характеристики реле должны соответствовать характеристикам двигателя. Если реле слишком большое, то пусковые контакты могут остаться замкнутыми в течение длительного времени или не разомкнуться вообще, в результате чего обмотки двигателя могут быть повреждены. Если реле недостаточно большое, оно может остановить двигатель во время его нормальной работы.

Пусковое реле напряжения. Пусковое реле напряжения (рис. 223) работает как электромагнит. Оно содержит катушку из очень тонкой проволоки, навитой вокруг сердечника. Такие пусковые реле применяют для двигателей почти любого размера. Контакты этого реле нормально закрыты и открываются тогда, когда сердечник втягивается в катушку реле. Внутренние соединения реле выполнены с помощью клемм 1', 2', 5'. Клеммы 4' и 6' используют иногда как вспомогательные. Когда реле смонтировано, клемму 5' соединяют с общей клеммой двигателя, клемму 2' — с клеммой пусковой обмотки двигателя, клемму 1' — с пусковым конденсатором.

Во время работы регулятор замыкает электрическую цепь к двигателю. Энергия подается также на пусковую обмотку через контакты реле между клеммами 1' и 2'. Когда частота

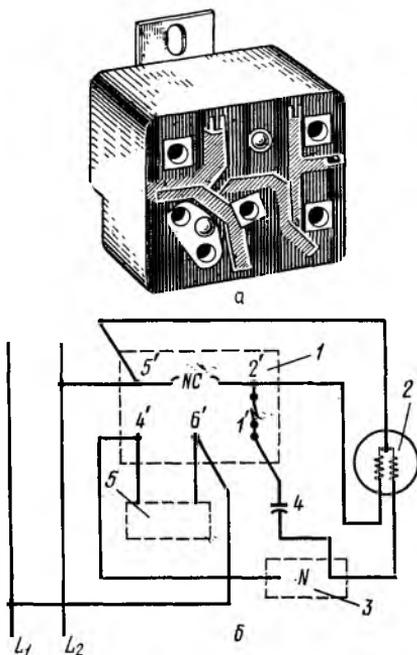


Рис. 223. Пусковое реле напряжения:

а — общий вид; б — схема присоединения: 1 — пусковое реле, 2 — двигатель, 3 — реле перегрузки, 4 — конденсатор, 5 — термореле, 1'—6' — клеммы.

вращения двигателя достигает приблизительно 75 % от номинальной, противоэлектродвижущая сила в пусковой обмотке увеличивается настолько, что реле срабатывает и размыкает контакты, выключая тем самым пусковую обмотку двигателя. Реле находится теперь в нормальном рабочем положении. Когда регулятор прерывает подачу тока к двигателю, его частота вращения снижается. Противоэлектродвижущая сила в пусковой обмотке двигателя уменьшается, реле выключается, и его контакты замыкаются. Реле таким образом подготовлено для пуска двигателя.

Требуемый размер реле можно определить при ручном пуске двигателя и замере напряжения между пусковой и общей клеммами, когда двигатель работает при номинальной частоте вращения. Полученную величину напряжения необходимо умножить на 0,75. Результат будет выражать напряжение срабатывания требуемого реле.

Полупроводниковое пусковое реле. В этом реле используют саморегулирующийся проводящий керамический элемент, разработанный фирмой «Тексас инструментс инк». При пуске компрессора сопротивление керамического элемента повышается, а сила тока в пусковой обмотке снижается до уровня миллиампер. Реле срабатывает приблизительно через 0,35 с. Это позволяет использовать данный тип реле в компрессорах холодильников без обязательного соответствия его ограниченному диапазону силы тока. Реле можно использовать практически для пуска всех двигателей с расщепленной фазой, встроенных в герметичный компрессор производительностью до 210 Вт. Это реле монтируют на проходных контактах компрессора (рис. 224, а).

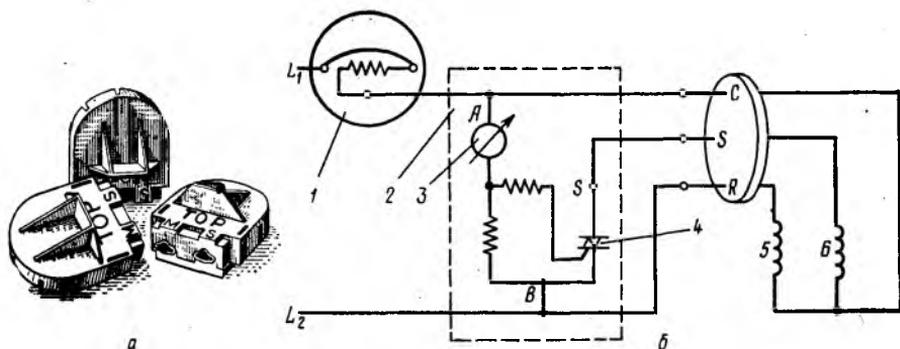


Рис. 224. Полупроводниковое пусковое реле:

а — общий вид; б — схема присоединения: 1 — реле перегрузки, 2 — полупроводниковое пусковое реле, 3 — амперметр, 4 — керамический элемент, 5 — рабочая обмотка двигателя, 6 — пусковая обмотка двигателя.

Реле присоединено к цепи двигателя, а его керамический элемент размещен в линии к пусковой клемме S компрессора (рис. 224, б), т. е. реле соединено последовательно с пусковой обмоткой. Когда электрическая энергия подается к реле, керамический элемент нагревается и отключает реле приблизительно через 0,35 с. В результате величина тока, проходящего через пусковую обмотку, уменьшается до уровня миллиампер. После отключения двигателя требуется несколько секунд для охлаждения керамического элемента реле до следующего цикла пуска.

Полупроводниковое реле нельзя использовать для компрессоров с конденсаторным пуском или для агрегатов с очень высокой частотой циклов.

Полупроводниковое устройство для пуска компрессора в тяжелых условиях. Это устройство обеспечивает дополнительный момент, требуемый для пуска конденсаторного двигателя с постоянно расщепленной фазой. В данном устройстве (рис. 225, а) используют специальный керамический элемент, сопротивление которого увеличивается с повышением температуры.

Одна из функций этого полупроводникового устройства заключается в создании пиковой величины тока, который существовал бы достаточное время для пуска компрессора. Сила тока затем уменьшается, и двигатель работает, как конденсаторный двигатель с постоянно расщепленной фазой. Когда к двигателю подается электрическая энергия, ток течет через пусковую обмотку и через параллельно соединенные рабочий конденсатор и керамический элемент, имеющий низкое сопротивление (рис. 225, б).

Низкое сопротивление во время пуска не только увеличивает силу тока в пусковой обмотке двигателя, но и снижает его угловое смещение относительно тока в рабочей обмотке. В большинстве конденсаторных двигателей с постоянно расщепленной фазой это является положительным фактором, так как угол между двумя потоками тока обычно превышает 90° .

Пиковый ток увеличивает пусковой момент двигателя. Одновременно ток проходит через керамический элемент и нагревает его до тех пор, пока сопротивление не станет высоким.

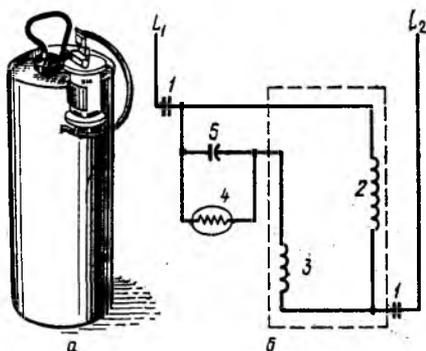


Рис. 225. Полупроводниковое устройство для пуска компрессора в тяжелых условиях:

а — общий вид; б — схема присоединения: 1 — контактор; 2 — рабочая обмотка двигателя; 3 — пусковая обмотка двигателя; 4 — полупроводниковое устройство; 5 — рабочий конденсатор.

Время, требуемое для нагревания керамического элемента в этом реле до состояния высокого сопротивления в отличие от работы реле напряжения, не зависит от того, когда начинает работать двигатель. Время является функцией массы керамического элемента, температуры, сопротивления и напряжения. Если компрессор на 230 В снабжен полупроводниковым устройством и первично включается при номинальном напряжении, то время срабатывания устройства равно 16 электрическим циклам. Пуск того же компрессора при напряжении, меньшем на 25 %, увеличивает время срабатывания того же устройства до 32 циклов. Это обеспечивает большие возможности при более трудных условиях пуска.

Указанное выше время срабатывания идеально для пуска конденсаторных двигателей с постоянно расщепленной фазой. Это обусловлено тем, что керамический элемент будет иметь низкое сопротивление достаточно долгое время, необходимое для преодоления начальной инерции мотор-компрессора. Если время срабатывания данного устройства превышает нормальное время пуска двигателя, то низкое сопротивление керамического материала эффективно шунтирует рабочий конденсатор. При избыточном времени работы частота вращения двигателя замедляется, когда он пытается преодолеть растущую нагрузку.

Когда керамический элемент нагревается и достигает аномальной температуры, его сопротивление резко возрастает до 80 000 Ом и он выключается из цепи без электромеханического реле. Пока двигатель работает, полупроводниковое устройство потребляет только 6 мА, что составляет менее 0,1 % от величины пикового тока, обеспечиваемого этим устройством во время пуска двигателя. Эта низкая сила тока не оказывает никакого влияния на пусковую обмотку или на рабочий КПД двигателя.

При выключенном двигателе полупроводниковое устройство также обесточено и керамический элемент охлаждается до температуры окружающей среды. Если двигатель включается, а керамический элемент еще не охладился до температуры ниже аномальной, то двигатель будет запускаться в режиме, стандартном для конденсаторных двигателей с постоянно расщепленной фазой. Для охлаждения керамического элемента ниже аномальной температуры обычно достаточно одной минуты, и поэтому устройство участвует в процессе пуска двигателя.

Полупроводниковое устройство рекомендуется использовать для компрессоров производительностью до 14 000 Вт или двигателей мощностью до 300 Вт. Однако применение рассмотренного полупроводникового устройства не ограничивается данным диапазоном.

Таблица 13. Приблизительные уставки реле давления, 10⁵ Па
(давление избыточное)

Холодильное оборудование	Хладагент							
	R12		R22		R502		R717	
	ВЫКЛЮ- ЧЕНО	ВКЛЮ- ЧЕНО	ВЫКЛЮ- ЧЕНО	ВКЛЮ- ЧЕНО	ВЫКЛЮ- ЧЕНО	ВКЛЮ- ЧЕНО	ВЫКЛЮ- ЧЕНО	ВКЛЮ- ЧЕНО
Льдогенератор кубикового льда с сухим испарителем	0,28	1,18	1,12	2,56	1,53	3,13	—	—
Охлаждаемый прилавок для продажи напитков и газированной воды	1,46	2	2,98	3,88	3,6	4,57	2,28	3,11
Охладитель пива, воды, молока	1,32	2	2,77	3,88	3,32	4,57	—	—
Авторефрижераторы для перевозки мороженого, закалочные камеры	0,14	1,04	0,9	2,37	1,25	2,83	0,35	1,67
Эвтектические аккумуляционные плиты, авторефрижераторы для перевозки мороженого	0,07	0,28	0,76	1,12	1,12	1,53	0,28	0,56
Малая холодильная камера, цикл оттаивания	0,47	2,36	2,22	4,42	2,77	5,17	1,53	3,81
Холодильный шкаф, цикл оттаивания	1,32	2,5	3,77	4,7	3,33	5,39	2,09	3,96
Овощная витрина, цикл оттаивания	0,9	2,43	2,09	4,57	2,63	5,31	—	—
Овощной прилавок-витрина открытого типа	1,12	2,91	3,43	5,31	3,05	6,15	—	—
Охладитель напитков с сухим воздухоохладителем	1,04	2,36	2,36	4,42	2,91	5,19	1,67	3,81
Торговый холодильный шкаф для цветов с вентиляторным обдувом испарителя	1,94	2,91	3,81	5,31	4,5	6,15	1,66	4,64
Прилавок-витрина для мяса, цикл оттаивания	1,18	2,43	2,57	4,57	3,13	5,31	—	—
Прилавок-витрина открытого типа для мяса	0,76	1,87	1,87	4,67	2,43	4,36	—	—
Прилавок открытого типа для молочных продуктов	0,69	2,43	1,8	4,57	2,18	5,31	—	—
Низкотемпературный прилавок открытого типа	0,48	0,35	0,28	1,18	0,56	1,56	—	—
Низкотемпературный прилавок открытого типа с термореле	1 °С	6 °С	—	—	—	—	—	—
Низкотемпературный прилавок закрытого типа	0,07	0,56	0,76	1,53	1,12	2	—	—

Термореле

Термореле — это устройство, которое замыкает или размыкает электрическую цепь в зависимости от изменения температуры. В настоящее время существует много типов термореле, начиная от простых биметаллических переключателей и кончая многоконтактными реле, срабатывающими под воздействием дистанционных термобаллонов. Они могут иметь фиксированные точки регулирования или большое число переменных настроек.

Термореле систем охлаждения срабатывает при повышении температуры и включается при ее понижении. Термореле систем подогрева срабатывает при понижении температуры и выключается при ее повышении. Тип применяемого термореле зависит от конкретной установки, на которой его монтируют.

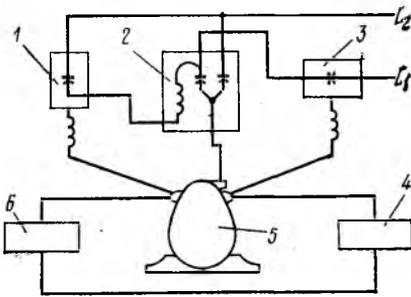


Рис. 226. Схема присоединения реле давления:

1 — реле низкого давления; 2 — контактор; 3 — реле высокого давления; 4 — конденсатор; 5 — компрессор; 6 — испаритель.

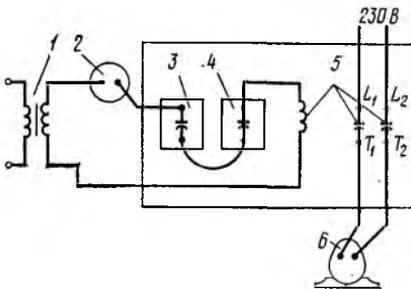


Рис. 227. Реле высокого и низкого давления в электрической схеме:

1 — трансформатор; 2 — термореле; 3 — реле высокого давления; 4 — реле низкого давления; 5 — контактор; 6 — компрессор.

Реле давления

Существует два типа реле давления: реле низкого давления и реле высокого давления. Эти реле предназначены для выключения мотор-компрессора, когда давление достигает заданного уровня.

Реле низкого давления.

Реле низкого давления соединяют со стороной всасывания компрессора и настраивают на его остановку, если давление всасывания опускается ниже заданного уровня.

Основное назначение реле низкого давления в системе кондиционирования воздуха заключается в предотвращении падения температуры испарителя ниже точки обмерзания испарителя и перегрева компрессора из-за недозарядки системы хладагентом. Реле возвращается в исходное положение вручную или автоматически.

Реле низкого давления используют в холодильном оборудовании в качестве регуляторов температуры. Их иногда

применяют также в качестве регуляторов процесса оттаивания. Уставки включения и выключения приведены в табл. 13.

Реле высокого давления. Реле высокого давления соединяют со стороной нагнетания холодильной системы и настраивают на остановку компрессора, когда давление нагнетания превышает заданный уровень. Причинами высокого давления могут быть недостаточное охлаждение конденсатора, избыточная зарядка хладагента, наличие воздуха в системе или другие нерасчетные условия. Реле высокого давления соединяют со стороной нагнетания системы в таком месте, где нагнетательный вентиль не может повлиять на работу реле (рис. 226).

Иногда реле высокого и низкого давления заключены в общий корпус. Такая конструкция требует меньше электропроводки. Приборы такого типа включают или в электрическую цепь управления (когда реле ее размыкает, контактор выключается, и двигатель останавливается), или в основную (силовую) цепь двигателя компрессора (когда реле ее размыкает, двигатель также останавливается). Предпочтительно включать реле давления в цепь управления (рис. 227).

Реле контроля смазки

Эти приборы предназначены для защиты компрессора от низкого давления смазочного масла. Встроенное реле с выдержкой времени позволяет компрессору включиться и работать в пусковой период, пока давление масла не достигло номинального значения, и предотвращает выключение при кратковременном понижении давления масла во время работы.

Общее давление масла во время работы является суммой давления в картере и давления, создаваемого масляным насосом. Давление масла нетто для его циркуляции — это разность между общим давлением масла и давлением хладагента в картере.

Прибор защиты работает от разности давлений.

Когда компрессор начинает работать, включается подача тока через реле с выдержкой времени. Если давление масла нетто не повышается до нужной величины в заданное время, реле с выдержкой времени срабатывает и компрессор останавливается. Если давление масла нетто после пуска компрессора повышается до точки включения в заданное время, реле с выдержкой времени автоматически обесточивается, а компрессор продолжает нормально работать.

Если давление масла нетто во время рабочего цикла опускается ниже уставки выключения, то срабатывает реле с выдержкой времени, а если давление масла нетто не возвращается к точке включения, то компрессор останавливается. На реле времени оказывают влияние колебания напряжения.

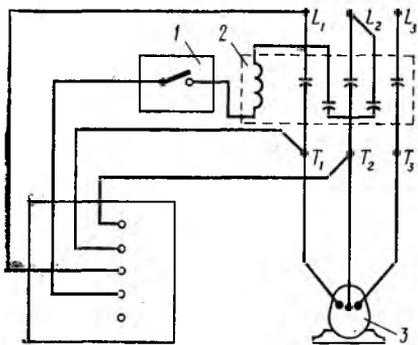


Рис. 228. Схема присоединения реле контроля смазки:
1 — прибор; 2 — контактор; 3 — двигатель.

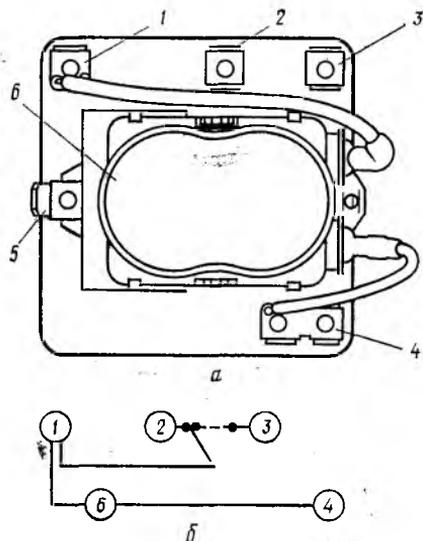


Рис. 229. Реле времени оттаивания:
а — общий вид; б — схема внутренних соединений; 1, 2, 3, 4 — клеммы; 5 — винт для заземления; 6 — механизм реле.

Реле контроля смазки является только регулирующим устройством. Его электрическое присоединение показано на рис. 228.

Реле времени оттаивания

Реле времени оттаивания является прибором, который в заданное время включает в холодильной системе устройство для оттаивания испарителя. Каждый тип прибора различается способом настройки на время включения цикла оттаивания. Реле времени оттаивания обычно приводится в действие синхронным двигателем, который работает все время, пока к нему подается электрическая энергия. На рис. 229, а показано, что линия питания двигателя присоединена к клеммам 1 и 4. Клемму 2 соединяют с компрессором, а клемму 3 — с устройством для оттаивания.

Во время работы электрическая энергия подается к компрессору от клеммы 1 к клемме 2 (рис. 229, б). Когда двигатель реле времени проработал определенный период, подача тока переключается с клеммы 2 на клемму 3, в результате чего компрессор останавливается, устройство для оттаивания (электронагреватель или электромагнитный вентиль горя-

чего газа) включается, и начинается цикл оттаивания. По истечении заданного времени переключатель возвращается к клемме 2. Устройство для оттаивания выключается из цепи, компрессор снова включается, и начинается цикл охлаждения.

Контакторы и пускатели

Для систем регулирования в холодильном оборудовании и установках кондиционирования воздуха двигатель компрес-

сора представляет собой самую большую переключающуюся нагрузку. Нагрузку увеличивают двигатели вентиляторов, водяных насосов и другого оборудования, соединенные параллельно с двигателем компрессора. Существует несколько устройств для регулирования различных нагрузок, но ниже рассмотрены только контактор и пускатель.

Контактор. Трехполюсный контактор (рис. 230) является прибором для многократного замыкания и размыкания электрической цепи. Различные типы контакторов имеют много общего между собой. Каждый из них содержит электромагнитные контакты, замыкающие или размыкающие силовую цепь, в которой сила тока выше рабочего тока в цепи управления прибором. Контактор может быть использован также для того, чтобы разомкнуть цепь, если напряжение в ней значительно отличается от номинального. Один прибор можно использовать для работы в нескольких цепях.

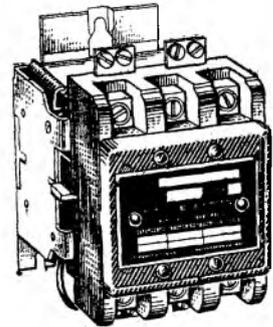


Рис. 230. Трехполюсный контактор.

Когда внешний регулятор замыкает цепь управления, электрический ток течет через катушку и образует магнитное поле, которое втягивает якорь (рис. 231). На якоре имеются подвижные контакты, которые совмещаются с неподвижными контактами. Электрическая цепь к компрессору замыкается через эти контакты и двигатель начинает работать. Когда контакты регулятора разомкнуты, цепь управления прерывается. Электромагнитная сила прекращает действовать в катушке, якорь выходит из нее вместе с подвижными контактами, и двигатель останавливается.

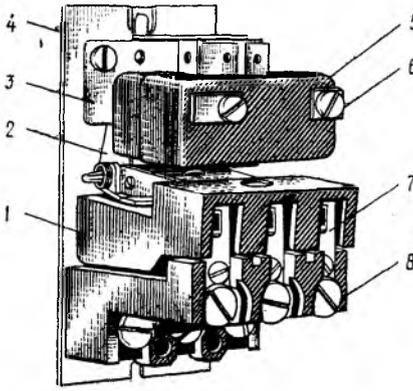


Рис. 231. Части контактора:

- 1 — якорь; 2 — пружина якоря; 3 — железный сердечник; 4 — рама; 5 — катушка; 6 — клемма катушки; 7 — контактные пластины; 8 — контактные клеммы.

Пускатель. Пускатель двигателя включает контактор как средство для подачи электрической энергии к двигателю. Пускатель, однако,

обычно содержит другие дополнительные узлы, например реле защиты от перегрузки и блокирующие контакты. В более сложные пускатели для управления крупными двигателями входят

Также шаговые резисторы, разъединители, дроссели и другие узлы.

Правила безопасности

1. Необходимо соблюдать меры предосторожности, чтобы руки, ноги и одежда не попали в приводные ремни.
2. При проверке электрических цепей следует отсоединять источник питания.
3. Конденсатор должен быть разряжен резистором для предотвращения травматизма или повреждения самого конденсатора.
4. Запрещается чрезмерно натягивать приводные ремни.
5. Запрещается перегружать электродвигатель, иначе он может перегреться.
6. Запрещается заменять предохранители на другие, имеющие более высокие характеристики.
7. Подаваемое напряжение должно соответствовать характеристикам двигателя.
8. Электродвигатель должен быть достаточно охлажден.
9. Запрещается останавливать двигатель, находящийся под током, иначе может произойти повреждение обмотки.

Выводы

Работа электродвигателей основана на законах магнетизма и магнитной индукции.

Основные узлы простейшего электродвигателя — ротор (постоянный магнит) и статор (два магнитных полюса).

Пусковая обмотка позволяет электрическому току пройти через одну обмотку прежде, чем попасть в другую, в результате чего образуется сдвиг фаз тока, необходимый для пуска двигателя.

Конденсаторы используют для сдвига фазы тока в пусковой обмотке относительно фазы тока в рабочей обмотке.

Существует два типа конденсаторов: пусковые и рабочие.

Пусковой конденсатор обычно имеет большую емкость, чем рабочий.

Конденсатор большой емкости обеспечивает значительный ток через последовательно соединенную нагрузку.

Рабочие конденсаторы обычно имеют большие размеры, чем пусковые, так как в них используют масло в качестве диэлектрика.

Пусковые конденсаторы могут работать только короткое время.

Существует пять различных типов однофазных электродвигателей: с расщепленной фазой, с конденсаторным пуском, конденсаторный с постоянно расщепленной фазой, с конденсаторным пуском и работой, с экранированными полюсами.

Двигатели с расщепленной фазой имеют умеренный пусковой момент, и их используют для привода насосов и вентиляторов.

Двигатели с конденсаторным пуском имеют значительный пусковой момент.

Пусковой конденсатор выключается из схемы центробежным размыкателем после того, как двигатель развивает примерно 75 % от рабочей частоты вращения.

Двигатели с конденсаторным пуском используют для привода компрессоров, больших вентиляторов и водяных насосов.

Двухскоростные двигатели выпускаются с расщепленной фазой и с конденсаторным пуском.

Двухскоростные двигатели используют в системах с плавным регулированием интенсивности потока воздуха.

Центробежный размыкатель является одним из основных узлов двигателей с расщепленной фазой и с конденсаторным пуском.

Когда двигатель развивает 75 % от нормальной рабочей частоты вращения, центробежный размыкатель выключает пусковую обмотку.

Однофазные конденсаторные двигатели с постоянно расщепленной фазой используют для привода компрессоров и вентиляторов.

Рабочий конденсатор соединяется последовательно с пусковой обмоткой для осуществления пуска двигателя и работы.

Однофазные конденсаторные двигатели с постоянно расщепленной фазой имеют умеренный пусковой момент.

Двигатели с конденсаторным пуском и работой характеризуются значительным пусковым моментом и эффективными рабочими характеристиками.

Двигатели с экранированными полюсами имеют низкий крутящий момент.

Двигатели с экранированными полюсами имеют обмотку на части главного полюса для того, чтобы полюсы не совпадали по фазе.

Экранированная часть полюса двигателя с экранированными полюсами не соединена с электрической цепью.

Существует два типа приборов защиты однофазных двигателей: приборы внутренней защиты и приборы наружной защиты.

Прибор внутренней защиты от перегрузки монтируют в обмотке двигателя.

Прибор наружной защиты от перегрузки монтируют снаружи корпуса двигателя в самой горячей его точке.

Приборы защиты от перегрузки представляют собой прерыватели или термореле.

Обслуживаемые электродвигатели должны быть обесточены.

Конденсаторы должны быть разряжены до момента их обслуживания.

При определении расположения клемм обмотки двигателя на компрессоре необходимо следовать следующему правилу: максимальное сопротивление находится между пусковой и рабочей клеммами, среднее сопротивление — между пусковой клеммой и клеммой общего провода, минимальное сопротивление — между рабочей клеммой и клеммой общего провода.

Сопротивление между обмоткой и корпусом двигателя должно быть равно, по крайней мере, 1 млн. Ом.

В разомкнутой обмотке сопротивление равно бесконечности.

Обмотка, замкнутая накоротко, показывает сопротивление ниже величины, обозначенной в технической характеристике двигателя.

Пусковое реле используют в герметичных и бессальниковых компрессорах для выключения пусковой обмотки из цепи, когда двигатель достигает 75 % от нормальной рабочей частоты вращения.

Используются следующие типы пусковых реле: токовое, тепловое, полупроводниковое, реле напряжения.

Токое реле используют в двигателях мощностью 340 Вт и менее.

Тепловое реле — это вариант токового реле, так как при прохождении тока через провод выделяется тепло, которое деформирует биметаллическую пластину, размыкающую контакты реле.

Реле напряжения работают на принципе электромагнита, и их используют в двигателях почти любого размера.

В полупроводниковых реле для облегчения пуска двигателя применяют специальный керамический элемент.

Полупроводниковое устройство для пуска конденсаторных двигателей с постоянно расщепленной фазой в тяжелых условиях обеспечивает дополнительный пусковой момент.

Существует два типа реле давления: реле низкого давления и реле высокого давления.

Реле контроля смазки предназначено для защиты компрессора от низкого давления масла.

Реле времени оттаивания является прибором, который в заданное время включает в холодильной системе устройство для оттаивания испарителя.

Контактор — прибор для многократного замыкания и размыкания электрической цепи.

Пускатель двигателя состоит из контактора, а также реле защиты от перегрузки и блокирующих контактов.

Контрольные вопросы

1. Как называются неподвижные полюсы в электродвигателе?
2. В чем заключается различие между однофазными двигателями, используемыми в холодильном оборудовании и в системах кондиционирования воздуха?
3. Что является причиной изменения полярности полюсов статора?
4. Что используют в однофазном двигателе для обеспечения его пуска?
5. В каких единицах выражается емкость конденсатора?
6. Почему масло применяют в качестве диэлектрика в рабочем конденсаторе?
7. С какой обмоткой рабочий конденсатор соединяется последовательно?
8. Почему пусковой конденсатор выключается из пусковой цепи после пуска двигателя?
9. Назначение конденсатора.
10. Назначение центробежного размыкателя.
11. Приблизительно при какой частоте вращения выключается центробежный размыкатель?
12. Назначение рабочего конденсатора в конденсаторном двигателе с постоянно расщепленной фазой.
13. Как соединен конденсатор в конденсаторном двигателе с постоянно расщепленной фазой?
14. Почему рабочая обмотка может выдержать более сильный непрерывный ток, чем пусковая?
15. Двигатель с экранированными полюсами развивает высокий или низкий крутящий момент?
16. Что означает термин «экранированный полюс»?
17. Назначение приборов защиты двигателя.
18. Где должен быть смонтирован прибор защиты двигателя?
19. Какие меры предосторожности необходимо соблюдать при обращении с конденсаторами?
20. Как определить место расположения клемм двигателя компрессора?
21. Каким должно быть минимальное сопротивление между обмотками двигателя и корпусом двигателя?
22. Какое сопротивление имеет разомкнутая обмотка?
23. Какому правилу необходимо следовать при замене пусковых конденсаторов?
24. Назначение пускового реле.
25. Контакты нормально открыты или закрыты в токовом пусковом реле?
26. К каким двум клеммам подключена катушка реле напряжения?
27. Где вырабатывается напряжение, которое действует на срабатывающее реле напряжения?
28. Должно ли полупроводниковое пусковое реле соответствовать мощности двигателя?
29. Когда используют полупроводниковое устройство?
30. Назначение термореле.

31. Где следует монтировать реле давления?
32. Назначение реле контроля смазки.
33. Назначение реле времени оттаивания.
34. В чем заключается разница между пускателем и контактором?

Глава 11. Бытовое холодильное оборудование

Бытовое холодильное оборудование включает среднетемпературные и низкотемпературные домашние холодильники, комнатные кондиционеры. В настоящее время в основном выпускают двухтемпературные холодильники, в одном корпусе которых объединены отделения для хранения свежих продуктов при плюсовой температуре (среднетемпературное) и для хранения замороженных продуктов (низкотемпературное, или морозильное). Вначале холодильные шкафы имели одну дверь, однако в настоящее время такие холодильники оборудуются двумя и даже тремя дверями. Холодильники могут быть напольные и встроенные.

Низкотемпературное отделение большинства двухтемпературных домашних холодильников имеет небольшую емкость и предназначено для недлительного хранения замороженных продуктов. Низкотемпературное отделение заключено в шкаф так же, как и отделение с плюсовой температурой, однако температура в морозильном отделении намного ниже, что позволяет хранить продукты в течение более длительного времени.

Комнатные кондиционеры предназначены в основном для охлаждения воздуха в одной комнате. Сконструированы большие агрегаты для кондиционирования воздуха в целом здании или в нескольких комнатах. Такие агрегаты используют в том случае, когда нецелесообразно или нежелательно применение центрального кондиционера.

Корпус домашнего холодильника

Домашний холодильник имеет изолированный корпус. Корпус современного холодильника изготавливают из листовой стали. Внешняя поверхность такого корпуса отделяется фарфором, эмалью или другим специальным покрытием. Отделение для хранения продуктов снабжено проволочными полками. Внутренние стенки отделения покрыты влагонепроницаемым материалом, например фарфором или эмалью. Пространство между внутренней облицовкой и внешней поверхностью заполнено теплоизоляционным материалом.

Корпус холодильника имеет различные устройства для обеспечения плотного закрытия двери и уменьшения теплопритока внутрь корпуса до минимума. Многие современные холодильники снабжены специальными приспособлениями, например

ножной педалью для открытия двери. В других моделях освещение включается автоматически при открывании двери. Могут быть и другие особенности, но они все относятся к корпусу и не имеют отношения к холодильному агрегату.

Теплоизоляция. Теплоизоляцией считается все, что задерживает тепловой поток. В одно- и двухтемпературных домашних холодильниках используются различные изоляционные материалы. В настоящее время наибольшее распространение получили стекловолокно, пенопласт и пенополиуретан.

Стекловолокно изготавливают из двуокиси кремния и подвергают обработке вместе с хладагентом или двуокисью углерода. Этот материал формуют в плиты толщиной 76 мм. При работе со стекловолокном необходимо надевать резиновые перчатки и спецодежду для защиты кожи. В течение некоторого времени стекловолокно было самым распространенным изоляционным материалом, но в последние годы для изоляции домашних холодильников стали применять в основном пенопласт.

Пенопласт изготавливают посредством вспенивания пластмассы. Для этого используют хладагент, двуокись углерода или другие высоколетучие агенты. Это более дорогостоящий материал, чем стекловолокно, однако коэффициент его теплопроводности значительно ниже. Пенопласт характеризуется малой массой, легко подвергается обработке и формованию. Это очень хороший теплоизоляционный материал, который используют в тонкостенных одно- и двухтемпературных домашних холодильниках. Плотность пенопласта 0,81—0,99 кг/м³. Чем выше плотность, тем лучше теплоизоляция.

Пароизоляция. В кухне более высокая относительная влажность, чем в других помещениях квартиры, за исключением ванной комнаты. Влага конденсируется из воздуха на любую поверхность, температура которой ниже точки росы окружающего воздуха. Влага не должна попадать в изолированное пространство между внешним кожухом и внутренней обшивкой. Это особенно важно для низкотемпературного отделения. Для пароизоляции холодильника используют несколько видов материалов. В домашнем холодильнике с теплоизоляцией из стекловолокна, например, применяют тонкий лист пластмассы, который размещают с внешней стороны изоляции. Отверстия в корпусе холодильника для электропроводки или трубопроводов с хладагентом заполняют влагостойкой замазкой. Кроме того, когда используют стекловолокно, металлические поверхности и трещины покрывают смолой для предотвращения проникновения влаги в изоляцию.

Дверь. Для того чтобы вся внутренняя емкость холодильника была доступна для потребителя, площадь двери должна быть практически равна площади передней стороны холодильника. Внешнюю панель двери изготавливают из листовой стали, внутреннюю панель с полками и отделениями для хранения продук-

тов — из ударопрочной пластмассы. Внутренняя и внешняя панели разделены слоем теплоизоляции соответствующей толщины. Дверь по периметру облицована теплопроводящей пластмассой. На ней закреплен уплотнительный профиль, который размещен по периметру двери так, что при ее закрытии профиль зажимается между дверью и корпусом, образуя воздухо-непроницаемое уплотнение (рис. 232). Величина теплопритока через уплотнительную прокладку двери является крайне важным фактором. Определено, что у холодильника с одной дверью, несмотря на большую площадь проема по сравнению с площадью проемов холодильника с двумя дверями, теплопритоки меньше. Это объясняется тем, что на одной большой двери профиль меньшей длины, чем у двух или трех дверей. Теплопритоки больше зависят от длины профиля, чем от площади двери.

Магнитные вставки, имеющиеся в уплотнительном профиле дверей одно- и двухтемпературных домашних холодильников, обеспечивают лучшее уплотнение, а также возможность открытия двери как снаружи, так и изнутри камеры. Двери снабжены регулируемыми петлями для лучшего прилегания.

Облицовочная накладка. Для уменьшения теплопритока извне между внутренней обшивкой и наружным корпусом холодильника крепят облицовочную накладку. Температура внутренней обшивки равна температуре во внутренней камере, а наружный корпус имеет температуру окружающей среды. Облицовочная накладка служит в качестве изоляции между ними. Заводы-изготовители монтируют эти накладки с помощью винтов, зажимов или скобок.

Облицовочные накладки изготавливают из пластмассы, они легко ломаются в холодном состоянии. Поэтому перед тем как демонтировать накладку, необходимо протереть ее полотенцем, смоченным в теплой воде. До монтажа облицовку необходимо окунуть в теплую, но не в горячую воду, в результате чего она станет более гибкой и уменьшится вероятность поломки.

Полосовой нагреватель. Полосовой нагреватель представляет собой жилу провода высокого сопротивления, которая прикрепляется к полоске алюминиевой фольги. Эти нагреватели монтируют вокруг дверей корпуса холодильника под облицовочной накладкой (рис. 233). Когда холодильник включен, электроэнергия подается к нагревателю, который вырабатывает небольшое количество тепла. В результате этого предотвращается конденсация влаги по периметру двери. При аккумуляции влаги

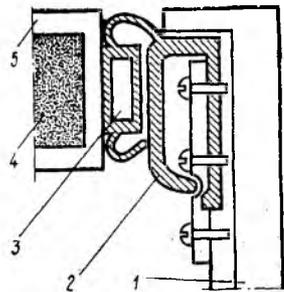


Рис. 232. Уплотнение двери холодильника: 1 — дверь; 2 — уплотнительный профиль; 3 — магнитная вставка; 4 — теплоизоляция; 5 — корпус.

по периметру двери низкотемпературного отделения дверь при- мерзает к корпусу холодильника. Если конденсат попадает в пространство между внутренней обшивкой и внешним корпу- сом, то изоляция и корпус разрушаются.

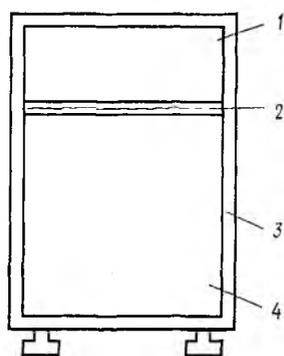


Рис. 233. Расположение полосового нагревателя:

1 — низкотемпературное отделение; 2 — полосовой нагреватель; 3 — корпус; 4 — отделение для свежих продуктов.

Полки холодильника. Полки одно- или двухтемпературного домашнего холодильника должны быть открытого решетчатого типа, чтобы воздух мог свободно циркулировать через них. Различают полки из переплетенной проволоки, стержней или прутков, которые располагаются рядом друг с другом, или в виде металлической решетки. Полки обычно опираются на штифты или крючки, закрепляемые в обшивке, или на бобышки, выдавленные в ней. Некоторые заводы-изготовители выпускают полки собственной конструкции, имеющие специфические особенности. В качестве материала для полок используют алюминий, нержавеющую и луженую сталь.

Установка холодильника

Холодильник можно устанавливать в любом месте квартиры, но необходимо при этом учитывать следующие требования. Пол должен быть твердым, ровным и способным выдерживать загруженный холодильник. Если пол недостаточно прочный, то под холодильник следует поместить фанеру толщиной 20 мм.

Холодильники сконструированы для эффективной работы при комнатной температуре от 15 до 43 °С. Если холодильник установлен в месте, где температура ниже 15 °С, то рабочий КПД его снижается. Не рекомендуется устанавливать холодильник в местах, где температура ниже 15 °С. При возможности не следует устанавливать холодильник рядом с плитой, радиатором отопления или воздухонагревателем, а также в местах, подверженных воздействию солнечных лучей. Необходимо указать потребителю, что холодильник может работать и при указанных выше условиях, но расход энергии увеличивается.

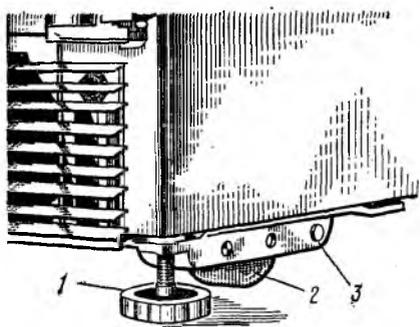


Рис. 234. Опора домашнего холодильника:

1 — стопор; 2 — ролик; 3 — штифт.

После установки на место холодильник должен быть выравнен с помощью регулируемых опор или роликов (рис. 234).

Все домашние холодильники снабжены трехжильным шнуром со штепсельной вилкой, имеющей три штифта. Электрический вывод должен иметь заземляющую розетку для вилки такого типа. Запрещается отключать заземляющий зажим рабочей вилки. Розетка должна быть соответствующим образом заземлена. Если нет в наличии хорошо заземленного вывода, необходимо, чтобы электромонтер установил его. Для холодильника следует использовать отдельную розетку. Напряжение должно быть проверено при работающем компрессоре. Если величина напряжения отличается от номинального значения более чем на $\pm 10\%$, то может быть нарушена нормальная работа холодильника. Запрещается пользоваться шнурами-удлинителями, так как они являются причиной неполадок и обрыва заземления.

Когда холодильник установлен и соединен с источником энергии, внутреннее освещение включается при открытии двери. Компрессор включается, когда ручка термореле находится в среднем положении шкалы регулирования. При включении холодильника с необмерзающим испарителем необходимо проверить работу вентилятора низкотемпературного отделения.

Когда дверь холодильника открыта, иногда можно услышать незначительный булькающий шум, причиной которого является кипение хладагента в испарителе. Это нормальное явление и не должно восприниматься в качестве неполадки.

Через 5 мин после включения холодильника начнут проявляться признаки охлаждения, но температура может не опуститься в течение 30 мин и более. Необходимо объяснить потребителю, что несколько начальных рабочих циклов будут довольно длительными, но они сократятся во времени при достижении нормальной рабочей температуры в камере, для чего требуется 24 ч.

Холодильная система домашнего холодильника

Механик должен хорошо знать назначение различных узлов холодильной системы, чтобы уметь квалифицированно обслуживать ее. На рис. 235 представлена холодильная система с конденсатором со свободным движением воздуха. Данная система включает испаритель, компрессор, конденсатор и фильтр-осушитель, соединенные между собой трубопроводами, по которым циркулирует хладагент. Охлаждение в данном случае является процессом отвода тепла из изолированной камеры. Хладагент циркулирует в системе под действием разности давлений, создаваемой компрессором. Холодильная система имеет две части, т. е. стороны высокого и низкого давления. Точками разделения являются компрессор и выход из капиллярной трубки. На сто-

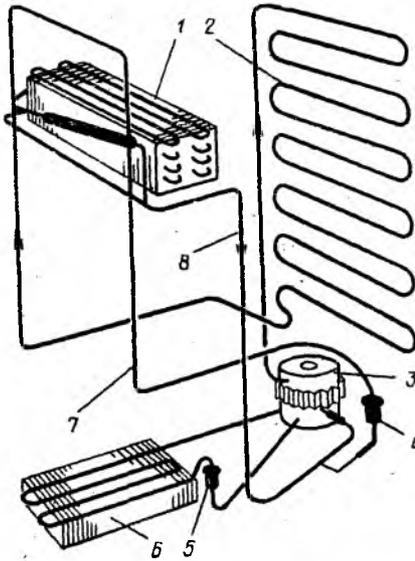


Рис. 235. Система охлаждения домашнего холодильника с конденсатором со свободным движением воздуха:

1 — испаритель; 2 — конденсатор; 3 — компрессор; 4 — фильтр-осушитель; 5 — глушитель на стороне нагнетания; 6 — змеевик снижения перегрева; 7 — вторичный конденсатор; 8 — теплообменник.

Отделитель жидкости служит в качестве резервуара для предотвращения выброса жидкого хладагента во всасывающий трубопровод при нарастании слоя инея на испарителе. Во время нормальной работы системы с капиллярной трубкой приблизительно $\frac{2}{3}$ жидкого хладагента находится в испарителе и отделителе жидкости.

Компрессор. Компрессор и электродвигатель заключены в герметически закрытый стальной кожух. Все детали смазываются в кожухе, поэтому нет необходимости в периодической смазке при техническом обслуживании. Электродвигатель работает от сети однофазного переменного тока напряжением 115 В, частотой 60 Гц. Это двигатель с расщепленной фазой, двумя обмотками: пусковой (фазовой) и рабочей. Некоторые двигатели работают при 1725 об/мин, а другие — при 3450 об/мин. Частота вращения зависит от типа статора, используемого в двигателе.

Компрессор предназначен для сжатия пара низкого давления, поступающего из испарителя. Во время сжатия температура пара хладагента повышается. Температура пара должна

роне низкого давления находятся испаритель, всасывающий трубопровод и часть компрессора. Сторона высокого давления включает нагнетательный трубопровод, конденсатор, фильтр-осушитель, капиллярную трубку и часть компрессора.

Испаритель. Охлаждение в камере происходит с помощью испарителя, который называют также охлаждающим змеевиком, низкотемпературным змеевиком или просто замораживателем. Тепло из камеры передается хладагенту, циркулирующему через испаритель, за счет проводимости, конвекции или принудительного потока воздуха. Когда хладагент поглощает тепло от пищевых продуктов, он начинает кипеть, превращаясь из жидкости низкого давления в пар низкого давления. Этот пар через отделитель жидкости и всасывающий трубопровод поступает в компрессор.

быть повышена настолько, чтобы она была выше температуры окружающего воздуха, в результате чего воздух будет отбирать тепло от хладагента, находящегося в конденсаторе.

Конденсатор. Конденсатор предназначен для передачи тепла, поглощенного хладагентом, окружающему холодильнику воздуху. Как уже описывалось ранее, пар высокого давления направляется в конденсатор, где при понижении температуры происходит его конденсация с превращением в жидкость высокого давления. Эта теплопередача происходит в связи с тем, что нагнетаемый пар имеет более высокую температуру, чем воздух, обдувающий конденсатор. Крайне важно, чтобы конденсатор обдувался достаточным количеством воздуха.

Поверхность конденсатора должна быть чистой для обеспечения беспрепятственного обдува воздухом. При повышении температуры окружающей среды повышаются температура и давление конденсации хладагента.

Фильтр-осушитель. Фильтр-осушитель расположен на выходе из конденсатора. Он предназначен для отфильтровывания посторонних примесей, ограничивающих поток хладагента в системе, и удаляет влагу, которая могла бы замерзнуть в капиллярной трубке и закупорить ее. При монтаже фильтра-осушителя необходимо убедиться в том, что он смонтирован в направлении стрелки, указывающей поток хладагента. Входное отверстие должно быть расположено ниже выпускного.

Использование спирта в холодильных системах. Не рекомендуется использовать спирт для предотвращения замерзания влаги в холодильных системах, если двигатель компрессора расположен в системе. Спирт несовместим с алюминием, с некоторыми типами изоляции обмоток двигателя и деталями компрессора в современных холодильных системах. Кроме того, при добавлении спирта и наличии влаги в системе значительно ухудшается ее химическая стойкость.

Капиллярная трубка. Капиллярная трубка является регулятором потока и предназначена для регулирования количества жидкого хладагента высокого давления, протекающего от конденсатора к испарителю. Интенсивность этого потока зависит от длины капиллярной трубки и ее диаметра.

Работа домашнего холодильника

Циркуляция воздуха в холодильнике является важным фактором. При отсутствии циркуляции в камере холодильника температура воздуха повышается и пищевые продукты портятся.

Домашний холодильник с боковым расположением камер и необмерзающим испарителем. В этом холодильнике воздух проходит через переднюю воздухораспределительную решетку и далее над всей поверхностью испарителя, расположенного в глубине морозильного отделения (рис. 236). Тепло и влага, отбираемые от пищевых продуктов и воздуха в камере, пере-

даются испарителю. В результате холодный сухой воздух нагнетается через воздуховод в низкотемпературное отделение. Для направления потока воздуха непосредственно через отделение для приготовления льда используют воздухоотражатель. Короб испарителя сконструирован таким образом, что часть

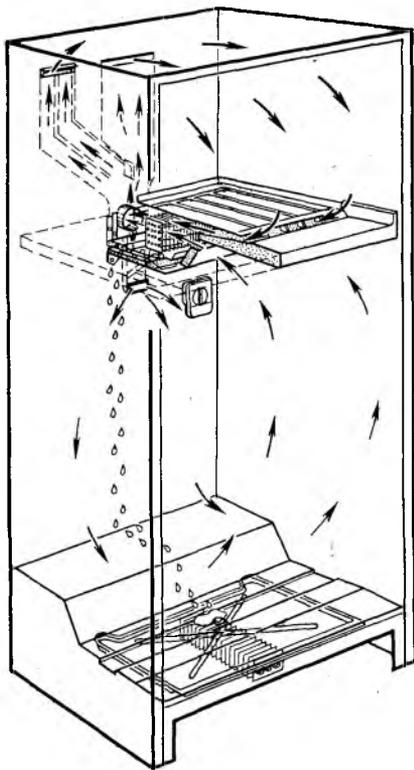


Рис. 236. Схема циркуляции воздуха в холодильнике с верхним расположением необмерзающего испарителя.

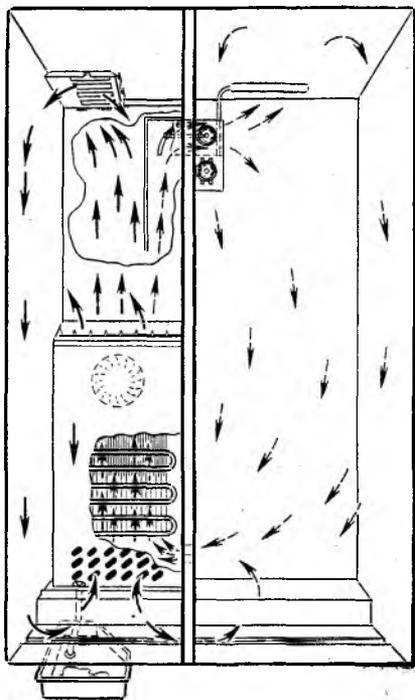


Рис. 237. Схема потока воздуха и слива воды в холодильнике.

потока воздуха направляется через ручную заслонку в плюсовое отделение. Ручная заслонка, находящаяся в верхней части плюсового отделения, регулирует количество воздуха, поступающего в него (этот поток воздуха указан на рис. 236 светлыми стрелками). Воздух из плюсового отделения направляется к испарителю через щели в разделительной стенке. Этот воздух перемешивается с воздухом, рециркулирующим из низкотемпературного отделения, проходит через испаритель, а затем поступает к вентилятору.

В этих моделях холодильников испаритель, смонтированный в низкотемпературном отделении вертикально, обслуживает также плюсовое отделение. Воздух распределяется с помощью одного вентилятора. Поток воздуха (рис. 237), образуемый в низкотемпературном отделении, проходит через воздухораспределительную решетку, расположенную в его нижней части, а затем через испаритель, где происходит отвод тепла и влаги. Короб с вентилятором и воздуховоды обеспечивают циркуляцию воздуха.

Поток воздуха охлаждает нижнее отделение холодильника, возвращаясь к воздухораспределительной решетке. Часть холодного сухого воздуха, поступающего в короб вентилятора, направляется вверх через щели к низкотемпературному отделению. Отражатель, установленный на потолочной обшивке низкотемпературного отделения, направляет поток воздуха в отделение для приготовления льда, а затем вниз через полки к вытяжной воздухораспределительной решетке.

Воздуховод короба вентилятора сконструирован таким образом, что часть холодного сухого воздуха поступает в верхнюю часть плюсового отделения. Количество этого воздуха регулируется ручной заслонкой. При входе в плюсовое отделение холодный воздух опускается. Через отверстие в разделительной стенке, находящейся в нижнем левом заднем углу плюсового отделения, воздух проходит к испарителю, и цикл циркуляции воздуха возобновляется.

Системы оттаивания. Для поддержания нормальной холодопроизводительности, обеспечения циркуляции воздуха и требуемой температуры в камере необходимо периодически удалять иней, который образуется на испарителе. В холодильниках, в которых иней не удаляется автоматически с испарителя, его оттаивание и очистку осуществляет потребитель. В холодильнике с необмерзающим испарителем оттаивание производится специальной системой (обычно электронагревателем), в которую входит реле времени.

Как указывалось ранее, существует большое разнообразие систем оттаивания. Например, ниже будет рассмотрена система оттаивания, разработанная фирмой «Фриджидер», с 8-часовым интервалом срабатывания.

Нагреватель системы оттаивания. В холодильниках с необмерзающим испарителем устанавливают инфракрасный нагреватель мощностью 500 Вт, заключенный в стеклянную трубку. В моделях с верхним расположением низкотемпературного отделения нагреватель помещают в углубление около днища испарителя. Дополнительный нагреватель предотвращает замерзание трубы для слива талой воды.

В некоторых холодильниках с боковым расположением камер монтируют два последовательно соединенных нагревателя. Их размещают между ребрами испарителя. Нижний нагрева-

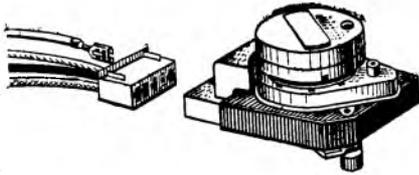


Рис. 238. Реле времени оттаивания.

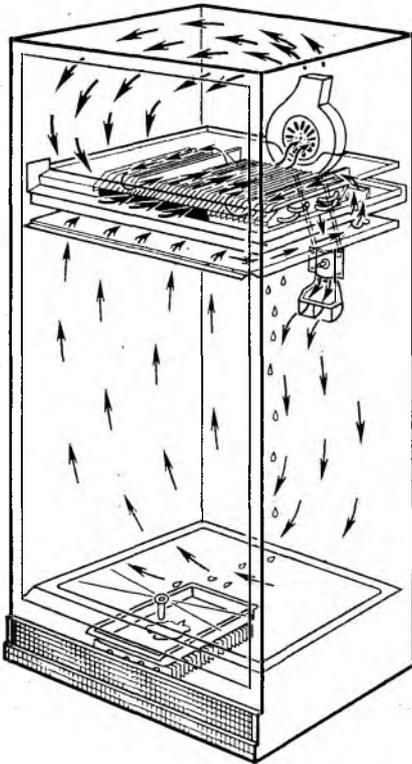


Рис. 239. Схема слива талой воды в холодильнике с верхним расположением необмерзающего испарителя.

В холодильниках с верхним расположением низкотемпературного отделения талая вода отводится через сливную трубу и верхний отражатель плюсового отделения. Затем вода стекает по каналу в задней стенке в желоб на дне (рис. 239). Талая вода проходит через отделитель и поступает в поддон, расположенный в машинном отделении, где испаряется.

Реле выделяет достаточное количество тепла и в зоне слива воды, в результате чего ликвидируется необходимость в установке дополнительного нагревателя.

Реле времени оттаивания. Реле времени с 8-часовым интервалом срабатывания (рис. 238) отключает компрессор и вентилятор низкотемпературного отделения и включает систему оттаивания на 20 мин три раза в сутки. В конце каждого цикла оттаивания реле времени автоматически отключает нагреватель и включает электродвигатели компрессора и вентилятора низкотемпературного отделения.

Термореле ограничения продолжительности оттаивания. Цикл оттаивания испарителя прекращается с помощью термореле. Термореле устанавливают около испарителя и последовательно соединяют с нагревателем. Контакты термореле замыкаются при температуре $10 \pm 3^\circ \text{C}$ и отключают нагреватель системы оттаивания. Реле времени через 20 мин включает холодильный агрегат.

Термореле ограничения продолжительности оттаивания возвращается в исходное положение при температуре $-1 \pm 3^\circ \text{C}$.

Слив талой воды. В холодильниках с верхним расположением низкотемпературного отделения талая вода отводится через сливную трубу и верхний отражатель плюсового отделения. Затем вода стекает по каналу в задней стенке в желоб на дне (рис. 239). Талая вода проходит через отделитель и поступает в поддон, расположенный в машинном отделении, где испаряется.

В холодильниках с боковым расположением камер желоб для слива талой воды приклепан к кожуху испарителя в нижней части низкотемпературного отделения. Талая вода направляется в сливную трубу, которая проходит через обшивку и корпус холодильника в задней части машинного отделения (см. рис. 237). По сливной трубе вода поступает в отделитель, а затем в поддон для сбора талой воды. Вода испаряется из поддона под воздействием воздуха, перемещающегося над поддоном.

Потребителю рекомендуется периодически очищать систему слива и правильно устанавливать отделитель талой воды, так как в противном случае может происходить утечка холодного воздуха через сливное отверстие.

Реле температуры. Температура в холодильнике поддерживается с помощью термореле, которое управляет работой электродвигателей компрессора и вентилятора низкотемпературного отделения.

Уставка термореле, термобаллон которого расположен в верхней части плюсового отделения, и количество холодного воздуха, поступающего через ручную заслонку из низкотемпературного отделения, определяют температуру в плюсовом отделении.

Когда температура в плюсовом отделении повышается до величины, при которой происходит замыкание контактов термореле, холодильный агрегат начинает работать. Воздух, охлажденный испарителем, из низкотемпературного отделения подается через заслонку в плюсовое отделение. Когда ручная заслонка установлена в среднее положение, в плюсовое отделение поступает достаточное количество охлажденного воздуха, при этом температура в низкотемпературном отделении почти не изменяется.

Когда в низкотемпературном отделении требуется более низкая температура, ручную заслонку необходимо немного закрыть, т. е. ограничить подачу холодного сухого воздуха в плюсовое отделение, и настроить термореле низкотемпературного отделения на соответствующую уставку. В результате через низкотемпературное отделение циркулирует большее количество холодного сухого воздуха, и температура в нем понижается. Другими словами, более длительное время работы агрегата компенсирует меньшее количество воздуха, поступающее в плюсовое отделение.

Когда в плюсовом отделении необходимо снизить температуру, термореле устанавливают на более низкую уставку, в результате чего температура включения и выключения агрегата понижается. При небольшом изменении положения ручной заслонки в плюсовое отделение подается большее количество воздуха. Вследствие этого температура в низкотемпературном отделении изменяется незначительно.

Ремонт герметичного агрегата

При эксплуатации домашних холодильников и морозильников неполадки чаще обнаруживают в регуляторах, чем в холодильном агрегате. В одних случаях достаточно просто проинструктировать потребителя относительно правил эксплуатации, в других — необходимо восстановить систему циркуляции потока воздуха от испарителя в отделения хранения пищевых продуктов и назад к испарителю. Отсутствие соответствующего потока воздуха иногда обусловлено недостаточной частотой вращения вентиляторов. Кроме того, это может быть вызвано неправильной уставкой регуляторов потребителем.

Значительный слой инея, образующийся на испарителе из-за неполадок в системе оттаивания, может также снизить интенсивность циркуляции воздуха. Поэтому герметичный холодильный агрегат следует проверять в последнюю очередь. Устанавливать манометры необходимо очень аккуратно во избежание загрязнения холодильной системы, а следовательно, и возникновения неполадок в будущем.

Соблюдение правил безопасности всегда обязательно. При этом необходимо обеспечить как собственную безопасность во время работы, так и безопасность всех окружающих, а также безопасность потребителя.

Механик по обслуживанию должен пользоваться защитными очками, применять заземленные инструменты и приборы, владеть правильными приемами при подъеме и перемещении тяжести. Необходимо быть постоянно готовым к случайностям, которые могут возникнуть во время работы. Можно работать в течение многих лет, пренебрегая правилами безопасности, но тот единственный случай, когда Вы попадаете в неприятное положение, не окупит сэкономленное ранее время. Несмотря на то что соблюдение правил безопасности требует дополнительного времени, это в конечном итоге всегда окупается.

После окончания работы необходимо убедиться в том, что изделие и розетка для подключения холодильника правильно заземлены. Если имеются какие-либо сомнения относительно состояния розетки, необходимо предупредить об этом потребителя. В наряде на работу следует сделать отметку о том, что потребитель предупрежден. Необходимо посоветовать потребителю обратиться к электромонтеру, который должен установить розетку в соответствии с местными нормами.

Проверка работы холодильника. При работе холодильника могут возникать нарушения температурного режима в камере хранения и длительности работы агрегата. Эти нарушения чаще всего имеют место в летнее время, когда холодильник работает в условиях полной или почти полной нагрузки.

Каждое отклонение от нормальной работы холодильника требует определенной технологии обслуживания и ремонта в за-

висимости от характера исправности, температуры в помещении и других факторов. Для диагностики работы холодильника необходимо пользоваться в качестве руководства следующими правилами:

1. Следует измерять температуру пакетов с замороженными продуктами и продуктов, находящихся в плюсовом отделении, с помощью термометров или термопар. При этом шарик термометра или конец термопары должен находиться между двумя пакетами с продуктами. Если термопара влажная, то она примерзнет к пакетам и более точно покажет температуру. Дверь плюсового или низкотемпературного отделений необходимо закрыть на 5—10 мин, а затем возможно быстрее снять показание термометра, не вынимая его. Если для этой цели используют температурный тестер, показания температуры можно снимать, не вынимая термопары и не открывая двери. Пищевой продукт, температуру которого измеряют, должен быть расположен вблизи центра камеры. Только при таком его расположении можно определить среднюю температуру.

В холодильниках с необмерзающим испарителем идеальной температурой для хранения пищевых продуктов в низкотемпературном отделении является $-15 \div -18$ °С, а в обычных холодильниках $-11 \div -12$ °С в зависимости от уставки термореле, тепловой нагрузки, коэффициента использования и температуры окружающей среды. Для сохранения пищевых продуктов не требуется температура ниже -18 °С. В течение короткого периода сразу после цикла оттаивания в холодильниках с необмерзающим испарителем температура может быть выше. Температура продуктов в малозагруженном низкотемпературном отделении колеблется больше, чем в заполненном отделении, из-за открываний двери и цикла оттаивания. В связи с этим желательно загружать низкотемпературное отделение, по крайней мере, наполовину.

Температура пищевых продуктов в плюсовом отделении должна быть $0-4$ °С в зависимости от модели, длительности эксплуатации, коэффициента использования, загрузки и места измерения температуры. Холодный воздух опускается, поэтому температура в низу плюсового отделения будет более низкая, чем в верху его, за исключением случаев, когда продукты помещают непосредственно перед отверстием нагнетания воздуха в плюсовое отделение.

В некоторых случаях для измерения температуры в холодильнике следует установить термограф или термограф-циклограф. Термографы-циклографы записывают температуру и количество рабочих циклов.

2. Следует пользоваться методикой определения возможных причин неполадок и способов их устранения, которая приведена ниже. В инструкции, прилагаемой к оборудованию, имеется раздел, касающийся диагностики оборудования, возмож-

ных причин неполадок и способов их устранения. Ниже приведена примерная методика определения отказов оборудования (когда не работает холодильный агрегат).

Возможные неполадки и способы их устранения.

1. Компрессор.

1.1. Замерить потребляемую мощность. Она не должна быть избыточной, что может быть причиной периодического срабатывания защиты от перегрузки. Необходимо убедиться, что напряжение в сети нормальное.

1.2. Проверить соединения в коробке с клеммами компрессора, в пусковом реле и в реле защиты от перегрузки.

1.3. Добавить 140—170 г масла в компрессор и проверить давления всасывания и нагнетания.

Прежде чем выполнить указанные операции, следует записать температуры цикла работы холодильника.

2. Испаритель.

2.1. Недостаточная зарядка системы хладагентом. Проверить систему на утечку. Если она имеется, то следует устранить ее и дозарядить систему хладагентом.

2.2. Избыточная зарядка хладагентом. Не нужно выпускать часть хладагента до тех пор, пока не определено, что обмерзание всасывающего трубопровода не является результатом того, что обмерз испаритель и двигатель вентилятора низкотемпературного отделения не работает при повышенной частоте вращения.

2.3. Плохая подача хладагента в испаритель из-за повышенного сопротивления в капиллярной трубке. Спустить хладагент из системы и снова зарядить. Установить фильтр-осушитель. Если агрегат работает, как и прежде, то заменить испаритель.

2.4. При проверке системы на утечку хладагента электронным течеискателем необходимо убедиться, что утечка не исходит от пеноизоляции.

2.5. В испарителе содержится избыточное количество масла. Для того чтобы масло вернулось в компрессор, необходимо установить поддоны с горячей водой в низкотемпературном отделении. Затем запустить компрессор и оставить его включенным на 8 ч.

Многие виды утечек хладагента в испарителе и трубопроводах в машинном отделении, возникшие из-за небрежной эксплуатации, можно устранить. Однако при утечке, например в зоне оребрения, в закругленных соединениях, капиллярной трубке и всасывающем трубопроводе, образующих теплообменник, требуется полностью заменить узел испарителя.

3. Фильтр-осушитель и поврежденные трубопроводы хладагента.

3.1. При ремонте поврежденных трубопроводов или при устранении утечек необходимо заменить фильтр-осушитель.

3.2. Фильтр-осушитель должен быть заменен при новой зарядке системы хладагентом.

3.3. При наличии влаги в системе необходимо заменить фильтр-осушитель и заполнить систему новой дозой хладагента.

3.4. Если испаритель поврежден, следует устранить утечку и заменить фильтр-осушитель.

3.5. Погнутый трубопровод хладагента необходимо выпрямить. Если это практически невозможно, то следует заменить данный трубопровод и фильтр-осушитель.

4. Конденсатор.

4.1. Конденсатор очищают, если на нем имеется грязь.

4.2. Конденсатор заменяют, если в нем имеется утечка, которую невозможно устранить.

Использование вольт-ваттметра. Вольт-ваттметр (см. рис. 180) используют для проверки напряжения в цепи. Большинство холодильных компрессоров сконструированы для работы на напряжении $115 \text{ В} \pm 10 \%$. Напряжение выше 127 В или ниже 105 В влияет на частоту вращения двигателя, срабатывание реле защиты от перегрузки и на время выключения пускового реле. Все это отрицательно сказывается на работе холодильника.

При работе с вольт-ваттметром не следует превышать величины, указанные на шкале. Начинать измерение нужно с верхней шкалы прибора, а затем переключаться на шкалу, которая показывает близкие к середине шкалы значения.

Полная инструкция по эксплуатации прилагается к вольт-ваттметру. Ниже приведена методика проверки работы холодильника.

1. Установить переключатель в положение 130 или 260 В.

2. Установить избирательный переключатель мощности в положение 5000 Вт, что достаточно для защиты прибора от внешней перегрузки.

3. Подключить силовой шнур к розетке. Вольтметр будет теперь показывать напряжение в цепи.

4. Соединить шнур холодильника с розеткой на передней панели вольт-ваттметра.

5. Включить термореле испытуемого холодильника.

Ниже приведены данные по испытанию домашнего холодильника фирмы «Фриджидер».

В момент включения компрессора стрелка может зайти за 2000 Вт. Если напряжение составляет 120 В, а температура в помещении равна 21°C , то мощность вскоре упадет примерно до 1500 Вт, что является суммарной мощностью пусковой и рабочей обмоток. Затем мощность снижается примерно до 475 Вт. Это мощность рабочей обмотки плюс мощность других электроприборов холодильника, например выпаривателя талой воды. Вели-

чина этой мощности зависит от модели холодильника. Затем переключают прибор на шкалу 500 Вт.

Необходимо отметить, что окончательно рабочая мощность устанавливается на 400 Вт. Она включает в себя мощности различных нагревателей и двигателей вентиляторов. Когда термореле отключено, мощность все-таки находится на уровне 60 Вт. Поэтому суммарная потребляемая мощность равна 340 Вт ($400 - 60 = 340$).

Мощность колеблется незначительно в зависимости от температуры окружающей среды, модели и завода-изготовителя холодильника, а также от использования других дополнительных электроприборов, например осушителей, вентилятора для конденсатора и т. д. Отклонения мощности зависят также от того, регистрируется ли она в начале или конце рабочего цикла (более низкая мощность имеет место в конце рабочего цикла). Кроме того, на величину мощности влияют интенсивность потока воздуха, обдувающего конденсатор, и напряжение в сети.

Многочисленные включения и выключения силового шнура холодильника из сети может быть причиной срабатывания реле защиты компрессора от перегрузки. Если такое явление имеет место, необходимо дать компрессору охладиться, а реле защиты от перегрузки вернуться в исходное положение. Время, требуемое для возврата реле защиты в исходное положение, зависит от его типа, а также от того, отключалось ли оно из-за избыточного тока или вследствие высокой температуры. Если реле защиты сработало от избыточного тока, то требуется всего несколько минут для повторного пуска компрессора.

Агрегаты, имеющие конденсатор с принудительным обдувом, оборудуются реле защиты от чрезмерно высокой температуры, а также реле защиты от избыточного тока. Если причиной срабатывания была высокая температура, в таких случаях для возврата реле защиты в исходное положение требуется 1 ч или более. В агрегатах с принудительным обдувом конденсатора и пусковыми электрическими конденсаторами маловероятно срабатывание реле защиты после нескольких включений и выключений шнура холодильника из сети.

Если имеется предположение, что компрессор неисправен, следует опробовать все приборы и проверить электропроводку. Это можно сделать с помощью прибора для диагностики компрессора (рис. 240) или вольт-ваттметра. Три вывода прибора следует присоединить к шнуру от пускового реле или непосредственно к клеммам компрессора. Выводы прибора окрашены в соответствующие цвета.

Зажимы испытательного прибора к клеммам компрессора присоединяют следующим образом: белый зажим — к общей клемме, красный — к пусковой клемме, черный — к рабочей клемме. Заземляющий зажим закрепляют на раме компрессора. Если агрегат имеет электрический конденсатор, то его присо-

единяют к другому конденсатору такого же размера. В случае отсутствия другого конденсатора обе клеммы основного конденсатора соединяют между собой.

Для проверки компрессора вольт-ваттметр присоединяют к розетке в стене. Ваттметр должен быть установлен на шкалу 5000 Вт. В качестве примера рассмотрим холодильник фирмы «Фриджидер».

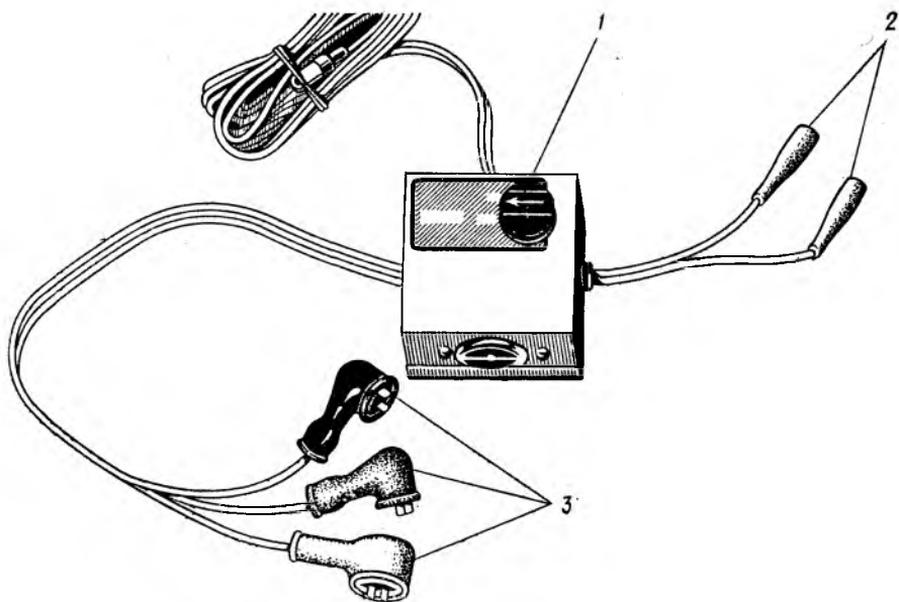


Рис. 240. Устройство для испытания компрессора:

1 — ваттметр; 2 — зажимы для присоединения к конденсатору; 3 — зажимы для присоединения к компрессору.

При заклиненном роторе ваттметр покажет мощность, потребляемую рабочей обмоткой, 1500 Вт, когда переключатель прибора переводится из положения «Выключен» в положение «Работа». Затем переключатель переводят в положение «Пуск» и на шкале будет зафиксирована суммарная мощность пусковой и рабочей обмоток 1800 Вт. Переключатель должен находиться в положении «Пуск» только мгновенно. После перевода переключателя в положение «Работа» ваттметр покажет мощность 380 Вт.

Нельзя удерживать переключатель в положении «Пуск» больше времени, чем это необходимо для запуска компрессора, иначе пусковая обмотка может перегреться и сгореть. Если компрессор включен и продолжает работать с нормальной потребляемой мощностью, это означает, что он исправен. Нор-

мальная мощность компрессора указана на заводской табличке и монтажной схеме холодильника. При работе одного компрессора без вентиляторов и нагревателей он потребляет мощность 340 Вт. Компрессор необходимо заменить, если его пуск невозможен или он потребляет мощность, превышающую нормальную.

Компрессор должен работать около 10 мин для повышения температуры масла и нагревания статора, а также для увеличения давления нагнетания до нормального уровня. Компрессор потребляет большую мощность, если не работает вентилятор конденсатора.

Проверка потребляемой мощности показывает, заклинен ли компрессор, замкнут ли накоротко двигатель компрессора, пробит ли на корпус, имеет ли поврежденную обмотку, заклинен ли ротор или имеются другие неполадки. Нельзя только по величине мощности судить о недозарядке хладагента или неисправности компрессора.

Проверка электрических конденсаторов. Когда компрессор не работает, иногда громко гудит или жужжит, или почти включается, но затем выключается полностью, это означает, что электрический конденсатор неисправен.

Конденсатор, имеющий утечку, выпуклости или трещины, необходимо обязательно заменить исправным с теми же характеристиками. Замена конденсатора другим, имеющим большую или меньшую емкость, чем это необходимо, снижает крутящий момент электродвигателя. Напряжение нового конденсатора также должно соответствовать напряжению заменяемого конденсатора.

Существует два способа проверки конденсатора: с помощью омметра и с помощью вольт-ваттметра.

Опытный механик может легко проверить конденсатор посредством омметра. Проверка конденсатора требует некоторого опыта, так как уставка омметра колеблется в зависимости от емкости конденсатора. Как правило, чем ниже емкость, тем выше должна быть уставка омметра. В холодильной технике, однако, обычно применяют конденсаторы со средней емкостью. Сначала необходимо разрядить конденсатор с помощью сопротивления на 20 000 Ом. Затем один щуп омметра присоединяют к клемме проверяемого конденсатора. Наблюдая за показаниями омметра, присоединяют другой щуп ко второй клемме конденсатора. Стрелка прибора покажет нулевое сопротивление, а затем сопротивление начнет медленно увеличиваться до бесконечности. Как указывалось ранее, необходимо выбрать соответствующую шкалу сопротивления, совместимую с емкостью проверяемого конденсатора. Если прибор показывает бесконечность в самом начале проверки, это означает, что в конденсаторе имеет место обрыв внутренних соединений. Если прибор показывает нуль, конденсатор пробит на корпус. В любом слу-

чае конденсатор должен быть заменен. Для проверки конденсатора в металлическом корпусе на пробой следует присоединить один щуп к металлическому корпусу конденсатора, а другим прикоснуться к каждой клемме конденсатора. При исправном конденсаторе омметр покажет высокое сопротивление (250 000 Ом) или бесконечность.

Проверку конденсаторов с помощью испытательного устройства и вольт-ваттметра проводят в следующей последовательности:

1. Соединить конденсатор с пружинными зажимами испытательного устройства.
2. Соединить испытательное устройство с вольт-ваттметром и присоединить вольт-ваттметр к розетке источника питания.
3. Нажать на кнопку испытательного устройства и проверить показания напряжения и мощности (до снятия показаний стрелка прибора должна стабилизироваться).
4. По емкости конденсатора в табл. 14 выбрать мощность и сопоставить ее с величиной, полученной при проверке. Отклонения от +20 до 0 % являются удовлетворительными для электролитических пусковых конденсаторов и $\pm 10\%$ — для неэлектролитических конденсаторов.

Конденсаторы емкостью от 325 до 550 мкФ проверяют с помощью устройства, показанного на рис. 241, в следующем порядке:

1. Соединить конденсатор с пружинными зажимами испытательного устройства.

Таблица 14. Мощность конденсатора при различном напряжении испытания

Емкость конденсатора, мкФ	Мощность (в Вт) при напряжении испытания, В					Емкость конденсатора, мкФ	Мощность (в Вт) при напряжении испытания, В				
	100	105	110	115	120		100	105	110	115	120
11	4	5	5	6	6	115	214	236	262	187	311
15	8	9	10	11	12	125	233	257	281	308	335
17,5	11	12	13	14	15	130	240	265	290	318	346
20	14	15	17	18	20	145	258	285	315	345	375
28	26	29	31	34	37	155	270	298	327	361	392
32	33	37	40	44	48	167	285	313	344	375	407
35	40	44	48	52	57	190	305	336	370	404	438
40	50	55	60	66	72	210	319	352	387	422	458
42	54	60	65	72	78	240	334	369	405	442	480
45	61	67	74	81	88	270	348	382	418	459	498
50	73	80	88	96	105	315	360	398	437	479	520
54	83	91	100	110	120	Конденсатор пробит на корпус	400	440	485	530	575
60	97	107	118	128	140						
75	134	148	162	177	193						
85	157	172	189	207	225						
105	198	218	240	263	285						

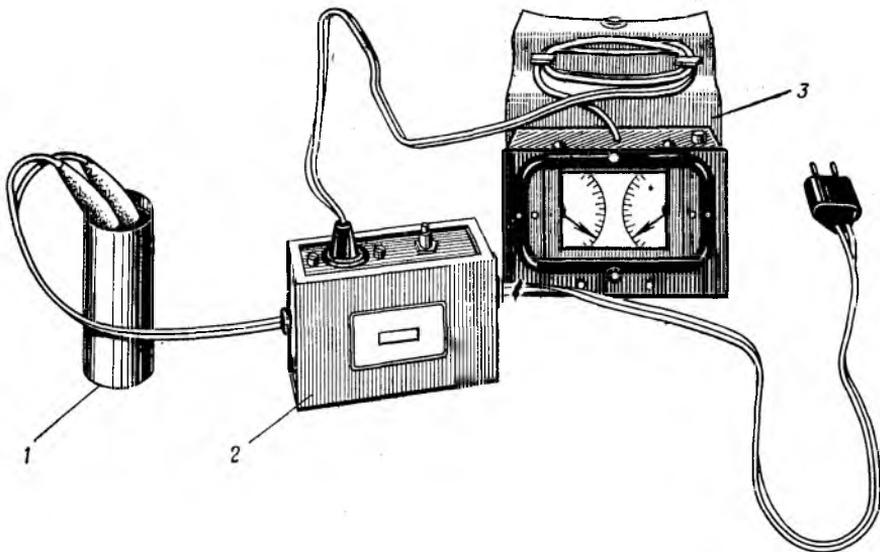


Рис. 241. Устройство для проверки конденсатора емкостью от 325 до 550 мкФ:
1 — конденсатор; 2 — омметр; 3 — ваттметр.

2. Присоединить вольт-ваттметр к розетке испытательного устройства и соединить двухпроводный шнур испытательного устройства с источником питания на 115 В переменного тока.

3. Нажать на кнопку и снять показание напряжения. Требуемые значения напряжения приведены ниже.

Емкость конденсатора, мкФ	350	400	450	500	550
Напряжение, В	33	30	27	24	22

Давление в системе. Если не включается система оттаивания, то это будет влиять не только на температуру в камере, но также и на давления нагнетания и всасывания. Неисправность должна быть устранена до проверки давления в системе. Ниже будут рассмотрены только те условия, которые непосредственно связаны с работой агрегата и могут отрицательно повлиять на холодопроизводительность системы.

Ранее было установлено, что в холодильной системе имеются стороны высокого и низкого давлений. Здесь мы рассмотрим эти зоны с точки зрения значения величин давлений.

При установке манометров можно определить, работает ли нормально агрегат, а если нет, то в чем причина.

Следует подчеркнуть, что манометры должны быть установлены только тогда, когда все остальные возможности проверки исчерпаны и есть уверенность, что дефект имеется в холодильной системе. Манометры для проверки давлений желат-

тельно устанавливать тогда, когда холодильник эксплуатируется в нормальных условиях. Показания лучше всего снимать, если агрегат работал длительно или непрерывно. В связи с тем что цель установки манометров — определение неполадки, не следует отсоединять агрегат от источника электропитания. Если агрегат был отключен до прихода механика, манометры устанавливать нецелесообразно. Когда холодильник находится в мастерской по ремонту, агрегат должен проработать несколько часов до его проверки. Температура обмотки компрессора должна достигнуть определенного уровня, так как от этого зависит температура масла и хладагента. Показания манометров следует записать перед концом рабочего цикла. Исключением является случай, когда проверяют давление нагнетания на холостом ходу, или если предполагается утечка хладагента на стороне всасывания.

Агрегат не должен работать при утечке хладагента на стороне всасывания, так как воздух с влагой может попасть в холодильную систему. Во многих случаях обнаружить утечки хладагента из агрегата можно при выключенном компрессоре. Необходимо тщательно определить место утечки. Эксплуатация компрессора при наличии утечки на стороне всасывания приводит к попаданию воздуха и влаги в систему и повреждению различных частей агрегата. В результате может возникнуть необходимость в замене всего агрегата.

Из всех дефектов агрегатов 90 % составляют неполадки на стороне нагнетания, включая утечки хладагента, сопротивление в трубопроводах и неисправности компрессора. Остальные 10 % дефектов относятся к наличию влаги в системе или утечке хладагента на стороне всасывания. При утечке хладагента в герметичной системе часто создается вакуум, что приводит к всасыванию воздуха и влаги.

Следует помнить, что колебания давления всасывания влияют на давление нагнетания (табл. 15).

Давления нагнетания и всасывания изменяются в результате воздействия следующих факторов.

Использование различных хладагентов. Когда холодильник или морозильник работают на R12, давления будут другими, чем при работе, например, на R114. При работе кондиционера на R22 давления будут выше, чем на R12.

Тип холодильного оборудования. Нормальные эксплуатационные давления всасывания в морозильнике ниже, чем в обычном холодильнике, в котором в свою очередь давление ниже, чем в кондиционере.

Тепловая нагрузка. Повышенная тепловая нагрузка может быть результатом превышения нормы количества продуктов, находящихся в камере на хранении, например после крупных закупок продуктов в конце недели или при одновременной загрузке всех ледоформ. Увеличенная закладка продук-

Таблица 15. Влияние давления всасывания на давление нагнетания

Давление всасывания	Причина	Давление нагнетания
<i>Нормальные внешние условия</i>		
Повышение	Дополнительная тепловая нагрузка в основном в низкотемпературном отделении	Повышение
Понижение	Понижение тепловой нагрузки в основном в низкотемпературном отделении	Понижение
<i>Ненормальные внешние условия</i>		
Повышение	Избыточное количество хладагента	Повышение
Понижение	Недозарядка хладагента (утечка)	Понижение
Понижение	Сопrotивление на стороне нагнетания	Повышение
Повышение	Дефекты компрессора	Почти нормальное
Повышение	Высокая температура окружающей среды	Повышение
Понижение	Низкая температура окружающей среды	Понижение
Понижение	Сопrotивление на стороне всасывания	Нормальное или незначительное понижение
Почти нормальное	Воздух в системе	Повышение

тов в низкотемпературное отделение больше влияет на работу агрегата, чем такая же закладка в камеру плюсового отделения. Определенное воздействие на тепловую нагрузку оказывают также частое открывание двери, ее плохое уплотнение, включенное внутреннее освещение и т. п.

В результате увеличения количества тепла, поглощенного хладагентом в испарителе, температура и давление пара хладагента, возвращающегося в компрессор, повышаются. От тепловой нагрузки зависят температура в камерах, расход энергии, давления нагнетания и всасывания. Рабочие давления больше нормальных при повышенной тепловой нагрузке.

Температура окружающей среды, или комнатная температура. При низкой температуре окружающей среды температуры конденсации хладагента и жидкости на входе в испаритель уменьшаются и сокращается приток тепла в камеру. Это приводит к повышению холодопроизводительности агрегата, уменьшению расхода электроэнергии и длительности работы.

Холодильник, установленный в помещении, в котором температура воздуха ниже 15 °С, не будет работать удовлетворительно, так как давления в системе в этом случае понижены и несбалансированны. Следовательно, при более низком давлении

нии нагнетания меньшее количество жидкости подается в испаритель через капиллярную трубку. Чем ниже температура окружающей среды, тем ярче проявляются признаки недостаточного количества хладагента.

Условия работы конденсатора. Если ухудшается эффективность теплопередачи от конденсатора к окружающему воздуху, температура конденсации повышается. Более высокая температура жидкого хладагента также означает, что он не отводит достаточного количества тепла во время кипения в испарителе при нормальных условиях. Поэтому необходимо удалить бумажные пакеты, грязь и то, что могло бы препятствовать нормальному движению воздуха через конденсатор.

Зарядка хладагента. Любое отклонение в зарядке хладагента влияет на давление всасывания. Давление нагнетания изменяется прямо пропорционально колебаниям давления всасывания. Это обусловлено определенными диаметром и длиной капиллярной трубки, которая является регулирующим устройством. На интенсивность потока хладагента влияют его количество в системе и давление нагнетания. При недостаточной зарядке интенсивность потока снижается (меньше отводится тепла) и поэтому холодопроизводительность агрегата уменьшается. Это в свою очередь является причиной снижения нормального давления всасывания и уменьшения мощности, потребляемой компрессором.

Избыточная зарядка хладагентом. На избыточное количество хладагента указывают различные признаки. Например, если испаритель не оттаивает во время периодических остановок компрессорно-конденсаторного агрегата из-за отказа системы оттаивания, произойдет выброс жидкого хладагента из испарителя, в результате чего всасывающий трубопровод обмерзает или запотевает (рис. 242).

Признаком избыточного количества хладагента является более низкая температура в морозильном отделении (нормальная температура в этом отделении $-18 \div -15$ °C) или непрерывная работа компрессора.

При высокой влажности окружающего воздуха может иметь место запотевание всасывающего трубопровода на различных стадиях рабочего цикла. Обычно это временное явление и не приводит к каким-либо серьезным последствиям. Для предотвращения капания конденсата с трубопроводов можно всасывающий трубопровод обернуть изоляционной лентой или другим подобным материалом.

Избыточное количество хладагента удаляют из системы, осторожно выпуская порции по 30—50 г. Если избыточное

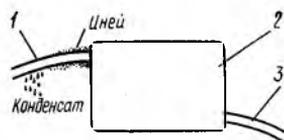


Рис. 242. Признаки избыточного количества хладагента:

1 — всасывающий трубопровод; 2 — испаритель; 3 — жидкостный трубопровод.

количество хладагента имеется в агрегате, в котором раньше наблюдались утечки, имели место сгорание двигателя компрессора или загрязнение системы, то из такого агрегата сначала необходимо полностью удалить хладагент и только после этого снова зарядить его необходимым количеством хладагента.

Разрядку агрегата от хладагента производят в следующей последовательности.

На компрессоре устанавливают манометры. Баллон, в котором находится 80—110 г жидкого R12, с помощью короткой трубки присоединяют к запорному вентилю.

Немного приоткрыв вентиль баллона, выпускают воздух из трубки и заполняют ее жидким R12.

Отмечают уровень хладагента в баллоне. Затем при работающем компрессоре открывают вентиль баллона и кратковременно запорный вентиль агрегата, выпуская 30 г R12 из системы в баллон. Наблюдают за уровнем жидкости в баллоне до тех пор, пока он не достигнет требуемой отметки.

Компрессор должен работать все время, пока жидкость выпускается в баллон. Небольшое количество хладагента, которое имеется в баллоне, должно быть выпущено, и его не следует использовать повторно. Если по какой-либо причине слишком много хладагента было выпущено из системы, лучше всего стравить всю зарядку хладагента, отвакуумировать систему и зарядить ее снова требуемым количеством хладагента.

Холодильная система сконструирована таким образом, что определенная доза зарядки хладагента достаточна для нормального отвода тепла при температуре окружающей среды до 43 °С. Однако в систему не следует заряжать избыточное количество хладагента, так как могут иметь место попадание жидкого агента в компрессор и повреждение его. Избыточное количество хладагента может также создать более высокие давление и температуру всасывания. В результате этого агрегат будет работать без выключения.

Недозарядка хладагентом. Недозарядка системы— обычная причина возникновения различных неполадок. Потребитель первым делом замечает повышение температуры пищевых продуктов в камере хранения.

В обычных холодильниках и морозильниках можно увидеть частичное обмерзание испарителя. Утечка хладагента может наблюдаться в любом месте испарителя, причем возможно, что испаритель не обмерзает. В некоторых моделях холодильников незначительная недозарядка вызывает резкое понижение температуры в низкотемпературном отделении и повышение тем-

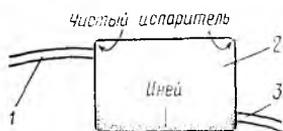


Рис. 243. Признаки недозарядки системы хладагентом:
1 — всасывающий трубопровод;
2 — испаритель; 3 — жидкостный трубопровод.

пературы в плюсовом отделении (рис. 243). Это почти всегда сопровождается непрерывной работой компрессора из-за того, что температура не понижается до уставки размыкания контактов термореле. В холодильниках с необмерзающим испарителем последний расположен позади панели и его не видно, но потребитель обычно жалуется на слишком высокую температуру в плюсовом отделении. Несмотря на то что температура будет повышаться в низкотемпературном и в плюсовом отделениях, замороженные продукты не будут немедленно размораживаться. Кубики льда не растают.

В некоторых старых моделях холодильников имеется переключатель циклической работы двигателя вентилятора плюсового отделения, а в других моделях — автоматический регулятор потока воздуха. Мы рассматриваем здесь вопрос о недозарядке хладагента и принимаем, что все регуляторы функционируют нормально.

В некоторых случаях, например при эксплуатации обычного холодильника или морозильника при незначительной недозарядке хладагента замораживание продуктов может иметь место в плюсовом отделении из-за дополнительного времени работы агрегата. Однако при наличии утечки хладагента, а следовательно, при уменьшении его количества температура будет повышаться.

При недозарядке хладагента капиллярная трубка полностью не заполняется, в результате чего в испарителе будет слышно шипение. Нельзя путать этот звук с шумом от кипящего хладагента, что является нормальным явлением.

Признаки недозарядки системы холодильным агентом следующие:

1. Повышение температуры продуктов в обоих отделениях.

2. Более длительная или непрерывная работа агрегата.

3. Явные следы масла на полу из-за поломки или трещины в трубопроводе хладагента. Капание масла из зарядного штуцера (не следует путать наличие смазочного масла на зарядном штуцере компрессора с утечкой масла из системы).

4. Мощность ниже нормального уровня.

5. Компрессор на ощупь горячий из-за тепла, генерируемого обмоткой двигателя в результате его длительной непрерывной работы. Однако температура компрессора не столь высока, как при полной зарядке системы и длительной работе компрессора по какой-либо другой причине, например из-за грязного конденсатора.

6. Конденсатор негорячий, его температура близка к комнатной, так как нагрузка на него невелика. В этом случае температура конденсатора зависит, конечно, от величины недозарядки хладагентом. При незначительной недозарядке капиллярная трубка будет на ощупь теплее обычного.

7. Если место утечки хладагента находится на стороне нагнетания системы, то оба манометра покажут давление ниже нормального, а при уменьшении количества зарядки показания манометров будут снижаться. Манометр на всасывающем трубопроводе, по всей вероятности, покажет вакуум.

8. Если имеется утечка на стороне всасывания системы, манометр покажет давление ниже нормального, возможно, вакуум, а манометр на нагнетательном трубопроводе — более высокое давление. Показания манометров постепенно увеличиваются, так как воздух всасывается через неплотность и сжимается в компрессоре.

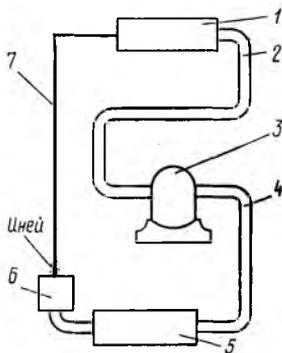


Рис. 244. Сопротивление в системе:

1 — испаритель; 2 — всасывающий трубопровод; 3 — компрессор; 4 — нагнетательный трубопровод; 5 — конденсатор; 6 — осушитель (частично закупоренный); 7 — капиллярная трубка.

Этот воздух собирается на стороне нагнетания системы. Воздух и R12 смешиваются, и их суммарное давление выше давления хладагента.

Сопротивление в системе. Всегда необходимо помнить, что охлаждение происходит на стороне низкого давления, которое образуется за счет сопротивления в капиллярной трубке (совершенно очевидно, что при большем сопротивлении циркуляция хладагента и процесс охлаждения прекратятся полностью).

Опытный механик-холодильщик проверяет трубопроводы на ощупь при возникновении подозрения на наличие сопротивления. Наиболее часто сопротивление возникает около фильтра-осушителя, а также на выходе или входе в капиллярную трубку (рис. 244).

Если сопротивление небольшое, то в месте препятствия возникает разность температур. Зона за препятствием будет холоднее, и во многих случаях наблюдается образование слоя инея или будет иметь место конденсация влаги. Кроме того, требуется больше времени для уравнивания давлений в системе.

Препятствие образуется в месте деформации трубопровода, и поэтому необходимо визуально проверить всю систему. Наиболее сложно определить повреждение капиллярной трубки.

Небольшое препятствие имеет те же признаки, что и недозарядка: более низкие давления всасывания и нагнетания, меньший расход электроэнергии и более высокая температура продуктов. Если препятствие имеется на стороне нагнетания, то создается более высокое давление конденсации хладагента и увеличивается расход электроэнергии. Это происходит только в том случае, когда препятствие находится между компрессором и первой половиной конденсатора.

Для определения препятствия или недозарядки необходимо выпустить хладагент из системы, заменить фильтр-осушитель и зарядить систему требуемым количеством хладагента. Если агрегат работает ненормально, то существуют три возможные неисправности: утечка хладагента, наличие влаги в системе, частичная закупорка фильтра-осушителя.

Влага замерзает на входе капиллярной трубки в испаритель, а твердые загрязнения накапливаются в фильтре-осушителе. Мощность компрессора снижается, так как через него не проходит необходимое количество хладагента.

При наличии препятствия (например, смятый трубопровод или закупоренное паяное соединение) на стороне низкого давления давление всасывания, возможно, будет ниже атмосферного (вакуум), а давление нагнетания будет почти нормальным. Если препятствие находится на стороне высокого давления, давление всасывания также будет ниже атмосферного, а давление нагнетания будет выше нормального. В любом случае после прекращения работы компрессора требуется больше 10 мин для уравнивания давления нагнетания с давлением всасывания.

Воздух в системе. Воздух в системе является результатом утечки хладагента на стороне низкого давления или неправильного обслуживания. Если на стороне низкого давления имеется утечка, термореле не будет срабатывать и компрессор будет работать непрерывно. Компрессор будет откачивать хладагент со стороны низкого давления до вакуума, всасывая при этом в холодильную систему воздух и, возможно, влагу. Воздух и R12 не смешиваются, и поэтому давление воздуха добавляется к нормальному давлению нагнетания, в результате чего суммарное давление превышает нормальный уровень.

Наилучший способ определения наличия воздуха в системе заключается в следующем. Определяют давление нагнетания во время нерабочей части цикла компрессора, а затем замеряют температуру воздуха на выходе из конденсатора. Эта температура должна быть на 1—2 °C ниже значения, указанного в таблице параметров хладагента в состоянии насыщения. Если температура на выходе из конденсатора значительно ниже температуры, определенной по давлению нагнетания, то это является признаком наличия воздуха в системе. В этом случае необходимо осуществить тщательную проверку в целях обнаружения и ликвидации утечки хладагента. Не нужно пытаться выпустить воздух, так как это может привести к недозарядке системы хладагентом. Лучше всего выпустить весь хладагент, откакумировать, а затем зарядить систему требуемым количеством хладагента.

Неисправный компрессор. Если температура в камере холодильника высокая и компрессор работает длительное время, это является признаком неисправности компрессора.

Обмерзание всасывающей магистрали или наличие воздуха в системе влияют на производительность компрессора таким образом, что у механика могут возникнуть подозрения относительно его работоспособности. До принятия окончательного решения о замене компрессора механик должен сделать еще одну проверку. С этой целью следует плотно пережать, отрезать и запаять всасывающий трубопровод перед запорной арматурой и манометром (при замене компрессора также необходимо перерезать трубопроводы хладагента). Компрессор включают на несколько минут и проверяют, достигается ли вакуум в пределах 14—7 кПа. Если компрессор создает такой вакуум, то он исправен. В случае отсутствия вакуума в компрессор следует добавить 170 г масла и повторить проверку. При вакууме выше 14 кПа компрессор необходимо заменить.



Рис. 245. Индикатор масла:

1 — свежее масло в домашнем холодильнике; 2 — свежее масло в торговом холодильном оборудовании; 3 — отработанное масло после сгорания электродвигателя.

Холодильное масло. Масло имеет большое значение для нормальной работы компрессора, так как масляная пленка между деталями снижает трение, а также обеспечивается лучшее сжатие пара хладагента без перепуска. Проверку после сгорания электродвигателя

осуществляют, отбирая пробу масла из неработающего компрессора и сравнивая его цвет с самым темным эталонным образцом набора масел (рис. 245). Если цвет масла темнее самого темного образца, то это свидетельствует о том, что масло подверглось химическому распаду. В результате этого система агрегата сильно загрязняется и его необходимо заменить. Пробу масла проверяют в прозрачном чистом стеклянном сосуде диаметром примерно 50 мм. Следует иметь в виду, что при попадании влаги в систему через неплотность на стороне низкого давления проба масла будет серого цвета.

Проверка герметичности системы. Если во время проверки системы выявлена недозарядка ее хладагентом, то необходимо обнаружить и ликвидировать его утечку. Существует несколько типов течеискателей, причем каждый из них имеет свои преимущества. При значительной утечке используют галонный течеискатель, а при небольшой — электронный течеискатель. Для нахождения незначительной утечки в каком-либо соединении применяют жидкостный течеискатель. Этот прибор — единственный тип течеискателя, который можно использовать вблизи слоя теплоизоляции из пенополиуретана, широко применяемого в большинстве современных домашних холодильников и морозильников.

Герметичность холодильной системы проверяют следующим образом.

Если в системе имеет место недозарядка хладагента, то необходимо вытереть зарядные штуцеры и проверить, есть ли на них следы масла. При обнаружении следов масла систему проверяют течеискателем.

Если утечка в зарядных штуцерах не обнаружена, то необходимо установить манометры.

При давлении 0,17 МПа или выше можно проверять систему на утечку. В случае необходимости повышения давления в системе термореле переводят в положение «Выключено» и нагревают испаритель, для чего устанавливают поддоны с горячей водой таким образом, чтобы она соприкасалась с испарителем. В холодильниках с необмерзающим испарителем необходимо вручную включить цикл оттаивания.

Если давление ниже 0,17 МПа, следует зарядить столько хладагента, чтобы обеспечить достаточное давление для проверки герметичности системы. Примерно за 10 мин до начала испытания агрегат выключают.

С помощью течеискателя проверяют все трубопроводы, испаритель, зарядные отверстия и пр. При этом запрещается вдыхать дым от пламени течеискателя.

Если утечка обнаружена, то необходимо спустить хладагент из системы, устранить утечку, откавакумировать систему, снова зарядить ее хладагентом и установить новый фильтр-осушитель.

Если в домашнем холодильнике или морозильнике имеется пеноизоляция, то ее нельзя пробивать щупом течеискателя. Кроме того, не рекомендуется снимать пластмассовые штифты, на которые опираются полки, в зонах, проверяемых течеискателем. При повреждении пеноизоляции из ее ячеек могут высвободиться молекулы хладагента и течеискатель ошибочно покажет наличие утечки.

Вакуумирование. До повторной зарядки хладагентом систему вакуумируют для удаления воздуха и хладагента, оставшегося от предыдущей зарядки. Перед вакуумированием испаритель целесообразно нагреть до комнатной температуры. В холодильниках с необмерзающим испарителем следует включить реле времени оттаивания. Когда цикл оттаивания закончен, необходимо немедленно обесточить систему. Для повышения давления хладагента в морозильном отделении обычного домашнего холодильника устанавливают поддоны с горячей водой. Агрегат при этом должен быть выключен. Систему агрегата, имеющего два штуцера для манометров по обе стороны компрессора, вакуумируют через них. Вакуумный насос отсоединяют до начала повторной зарядки системы хладагентом. При этом необходимо следить за тем, чтобы не было утечек в местах присоединения манометров и в шланговых соединениях.

При вакуумировании системы необходимо откавакумировать также баллон для зарядки хладагента. Систему можно

отвакуумировать и повторно зарядить хладагентом без разъединения трубопроводов.

Испаритель следует нагреть до вакуумирования, чтобы из системы можно было удалить весь хладагент. Для последующей проверки системы на утечку хладагента необходимо обеспечить соответствующую вентиляцию. После того как хладагент полностью удален из системы, осуществляют монтаж оборудования для вакуумирования. Необходимо открыть оба ручных вентиля блока с манометрами и зарядные штуцера, а затем включить вакуумный насос. Следует убедиться в том, что во время вакуумирования ручной вентиль зарядного баллона закрыт. Систему необходимо вакуумировать приблизительно в течение 5 мин, а затем закрыть вентиль на вакуумном насосе и выключить его. В течение нескольких минут нужно наблюдать за показаниями манометров. Если показания манометров повышаются, то это свидетельствует о том, что в системе имеется утечка или трубопровод закупорен. Необходимо сделать повторную проверку, устранить имеющиеся неполадки и только после этого продолжить вакуумирование, по крайней мере, 20 мин до обеспечения вакуума 7 кПа или ниже.

Повторная зарядка системы хладагентом. Повторную зарядку системы хладагентом осуществляют после ее вакуумирования. Температура компрессора не должна быть выше температуры окружающей среды. В некоторых агрегатах хладагент можно заряжать через сторону высокого давления системы. Подача жидкого хладагента в систему замедляется, если компрессор горячий. Поэтому давление в зарядном баллоне должно быть повышено. Для этого баллон обматывают тканью, смоченной горячей водой, или обдувают теплым воздухом. Некоторые зарядные баллоны оборудованы нагревателем. Запрещается нагревать зарядный баллон открытым пламенем. Жидкий хладагент не следует заряжать через сторону низкого давления, так как в этом случае из компрессора уносится масло. Заряжать систему хладагентом надо через сторону высокого давления. В случае необходимости добавления хладагента через сторону низкого давления парообразный хладагент медленно подают в систему с помощью работающего компрессора.

Если неизвестно, сколько хладагента находится в системе, то необходимо спустить весь хладагент, отвакуумировать систему и зарядить ее требуемым количеством хладагента, указанным на заводской табличке. Затем отсоединяют оборудование для зарядки хладагента, тщательно проверяют герметичность агрегата и оставляют его во включенном состоянии. Не следует за короткое время после включения холодильника ожидать нормальной температуры в камере и рабочих давлений в системе. На следующий день необходимо повторно проверить работу агрегата.

Домашний холодильник для хранения пищевых продуктов, приготовления прохладительных напитков, кубикового льда и охлаждения воды

Этот домашний холодильник отличается от других приготовлением двух различных напитков, кубикового льда и охлаждением воды. Холодильная система в основном та же, что и у рассмотренных ранее холодильников, поэтому не будет рассматриваться.

Розлив охлажденной воды. Когда потребитель нажимает на кнопку розлива воды, пружина отходит от седла вентиля и снимает давление с мембраны. Это делается для того, чтобы уменьшить давление в вентиле розлива воды. При большом давлении вода разбрызгивается в стакане потребителя. Когда кнопка нажата до отказа, микропереключатель замыкается, включая цепь водорегулирующего вентиля, и вода течет при определенном давлении. Вода из трубопровода проходит через водорегулирующий вентиль с регулируемой интенсивностью ($33-37 \text{ см}^3/\text{с}$) и стекает на дно бака, смонтированного на задней стенке плюсового отделения. Воздух в баке поднимается вверх и выпускается, когда потребитель нажимает на кнопку розлива. Вместимость бака 2,84 л воды. Когда кнопка розлива воды нажата и весь воздух выпущен, вода течет из бака через пластмассовую трубку, которая соединяет его с разливочным устройством, размещенным в двери, и попадает в стакан потребителя. Температура охлажденной воды зависит от количества одновременно выпускаемой воды и температуры в плюсовом отделении и составляет $4-9 \text{ }^\circ\text{C}$.

Розлив напитков. При нажатии кнопки вода под давлением поступает через систему к вентилю розлива через трубку Вентури (рис. 246). Струя воды, проходящая через трубку Вентури, создает вакуум в сосуде для хранения концентрата напитка. Концентрат начинает поступать из сосуда в выпускную трубу разливочного устройства, где смешивается с водой. Количество воды, добавляемой в концентрат, регулируется потребителем посредством ручного вентиля. Когда вентиль установлен в положение «Обогащение», вода не добавляется в смесь. Когда вентиль поворачивается в положение «Умеренно», в смесь добавляется определенное количество воды. После ряда проб потребитель определит оптимальную для себя концентрацию напитка.

Выдача кубиков льда. Когда потребителю требуется лед, необходимо нажать на кнопку пускателя, на которой написано «Кубики льда». В результате поднимается дверка желоба выдачи льда. Когда дверка открывается полностью, она включает рычаг, который замыкает контакты микропереключателя, расположенного на перегородке между низкотемпературным и плюсовым отделениями. При замыкании контактов микропере-

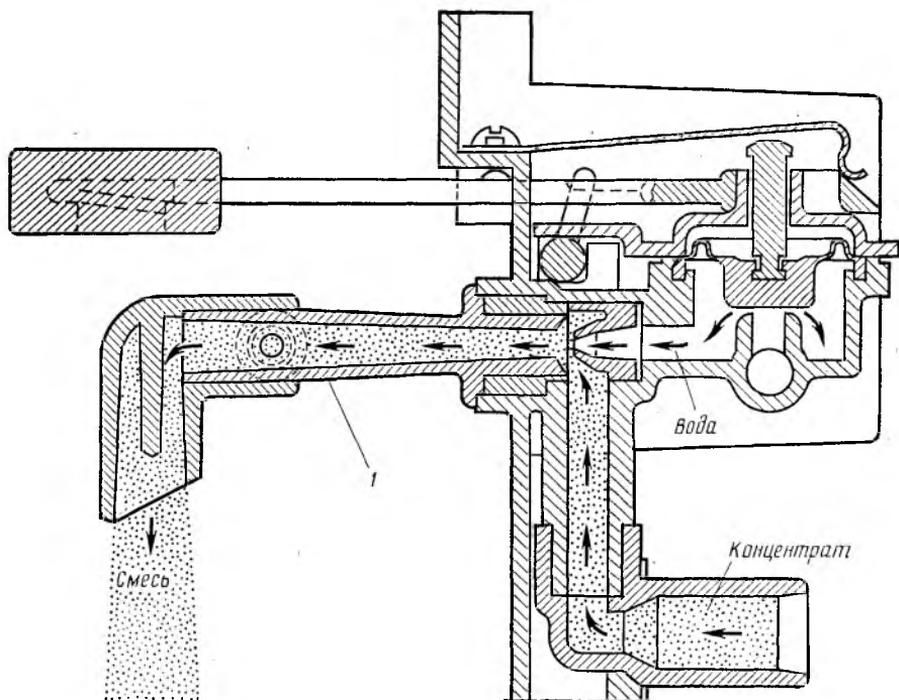


Рис. 246. Вентиль розлива напитков:
1 — трубка Вентури.

ключателя включается приводной электродвигатель, размещенный позади сосуда для льда в низкотемпературном отделении. Электродвигатель (двухполюсного типа с экранированными полюсами частотой вращения 3000 об/мин, мощностью 62 Вт) работает от сети переменного тока напряжением 115 В, частотой 60 Гц. Электродвигатель соединен с редуктором (его передаточное число 30 : 1), который приводит в действие конвейер, расположенный в нижней части сосуда для кубикового льда. Конвейер передвигает кубики льда вперед к отверстию в передней части сосуда. Отверстие закрывается дверкой, которая удерживается пружиной. Когда дверка открывается, кубики льда выталкиваются на спускной желоб. По желобу, проходящему через перегородку и дверь плюсового отделения, кубики льда скатываются и сбрасываются в стакан потребителя.

Льдогенератор работает следующим образом. Когда водопровод соединен с холодильником и запорный вентиль открыт, льдогенератор включается при обеспечении агрегатом температуры кипения хладагента -18°C . При соответствующей

температуре выдается сигнал на заполнение водой. Соленоид двухсекционного водяного вентиля включается, в результате чего вода подается к льдогенератору. Механизм управления позволяет воде течь в течение 12 с в ледоформу. Счетчик измеряет интенсивность потока воды, поступающего через отверстие, в результате чего в ледоформу поступает от 105 до 130 см³ воды.

Ледоформа из полипропилена имеет по семь ячеек, расположенных в трех рядах, т. е. всего одновременно приготавливается 21 кубик льда. Кубики имеют плоскую поверхность сверху и закругленную нижнюю поверхность, которая облегчает автоматическое их выталкивание из ледоформы. Необходимо обеспечить циркуляцию воздуха с соответствующей температурой над ледоформой. Очень часто неудовлетворительная работа льдогенератора является результатом малого потока воздуха с высокой температурой. Оптимальный способ определения причины неудовлетворительной работы льдогенератора заключается в измерении температуры замороженного льда, которая должна быть в диапазоне от -18°C до -15°C .

Когда баллон термореле льдогенератора воспринимает температуру -10°C в передних центральных ячейках ледоформы, включается механизм приготовления льда при условии, что сосуд для сбора кубиков льда установлен на месте. Указанный механизм поворачивает переднюю часть ледоформы направо (по часовой стрелке) на несколько градусов, постепенно скручивая ледоформу для высвобождения кубиков льда. Затем ледоформа возвращается в горизонтальное положение и поворачивается налево (против часовой стрелки). Кубики льда начинают выскакивать из ячеек ледоформы и падают в сосуд для льда. Когда ледоформа достигает вертикального положения, она включает ограничительную пружину, расположенную в задней части рамы льдогенератора, и ледоформа дополнительно скручивается, а электродвигатель продолжает приводить в действие шестерню и направляющую, которая поворачивает ледоформу. При скручивании ледоформы постепенно преодолевается натяжение ограничительной пружины. Ледоформа отсоединяется от пружины и ударяет по стопору в задней части рамы льдогенератора. Этот внезапный толчок высвобождает оставшиеся в ячейках кубики льда. После этого ледоформа начинает поворачиваться в обратном направлении и возвращается в горизонтальное положение. Ледоформа снова заполняется водой. Продолжительность полного цикла приготовления льда равна приблизительно 3 мин.

Эта модель льдогенератора не имеет реле массы или регулятора высоты кубика. В данном льдогенераторе имеется чувствительный рычаг из толстой проволоки, который поднимается и опускается при каждом цикле приготовления льда. По мере перемещения направляющей ее конец входит в зацепление

с измерительным рычагом и валом микропереключателя, к которому присоединен чувствительный рычаг. Когда чувствительный рычаг опускается вниз, он касается уровня кубиков льда в сосуде. Если этот уровень достаточно высокий для того, чтобы поднять чувствительный рычаг, исполнительный механизм размыкает микропереключатель и процесс приготовления льда прекращается.

Кроме того, автоматический запорный рычаг работает совместно с сосудом для льда и чувствительным рычагом. Если сосуд вынимают из холодильника, автоматический запорный рычаг поднимает чувствительный рычаг, который в свою

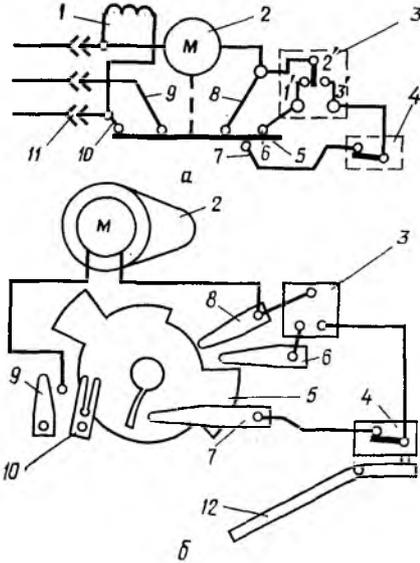


Рис. 247. Схема льдогенератора бытового холодильника:

a — электросхема; *б* — схема кулачкового коммутлирующего переключателя; 1 — нагреватель термобаллона термореле; 2 — двигатель привода кулачкового переключателя; 3 — термореле; 4 — микропереключатель; 5 — кулачок; 6—10 — контакты кулачкового переключателя; 11 — штенсельный разъем; 12 — рычаг.

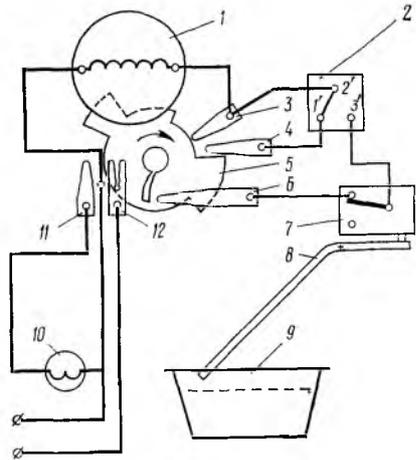


Рис. 248. Схема цикла замораживания воды:

1 — двигатель привода кулачкового переключателя; 2 — термореле; 3, 4, 6, 11, 12 — контакты; 5 — кулачок; 7 — микропереключатель; 8 — рычаг; 9 — сосуд для льда; 10 — соленоид питающего вентиля.

очередь отключает льдогенератор. Сосуд вмещает примерно 500 кубиков льда, но при автоматической работе это количество несколько меньше.

Цикл замораживания воды. На рис. 247 показана схема кулачкового коммутлирующего переключателя, а также электрическая схема.

На рис. 248 показано положение кулачкового переключателя, при котором происходит замораживание воды. На это требуется большая часть времени процесса приготовления ку-

бикового льда. Форма для льда устанавливается в горизонтальное положение и заполняется водой. Баллон термореле нагрет до температуры выше -9°C . Чувствительный рычаг опущен вниз, но не касается льда, так как сосуд им не заполнен.

Электродвигатель льдогенератора не работает потому, что контакты $2'$, $3'$ термореле разомкнуты.

Начало цикла приготовления льда. На рис. 249 показано, что цикл приготовления льда начинается потому, что

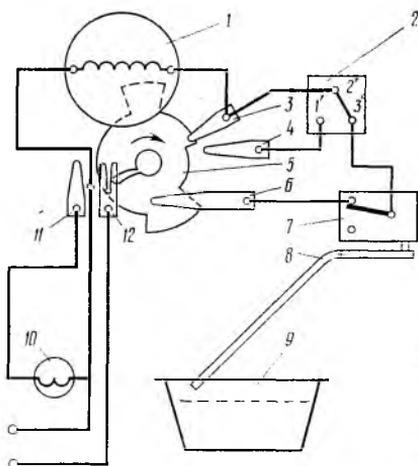


Рис. 249. Схема начала цикла приготовления льда:

1 — двигатель; 2 — термореле; 3, 4, 6, 11, 12 — контакты; 5 — кулачок; 7 — микрореле; 8 — рычаг; 9 — сосуд для льда; 10 — соленоид питательного вентиля.

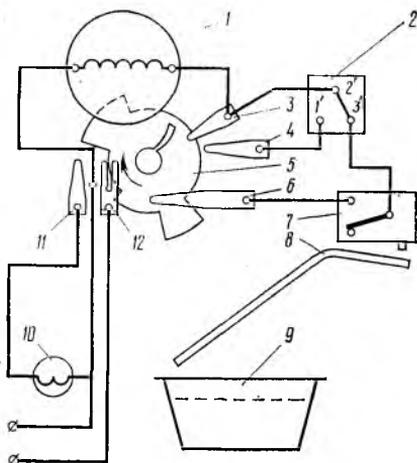


Рис. 250. Схема продолжения цикла заготовки льда:

1 — двигатель; 2 — термореле; 3, 4, 6, 11, 12 — контакты; 5 — кулачок; 7 — микрореле; 8 — рычаг; 9 — сосуд для льда; 10 — соленоид питательного вентиля.

термореле льдогенератора достигло уставки включения -10°C , в результате чего его контакты $2'$, $3'$ замыкаются. Образуется замкнутая схема от контакта 11 коммутирующего переключателя к контакту задержки 6 через микрореле, к термореле льдогенератора, через удерживающий контакт 3 к двигателю привода 1 . Другой конец катушки двигателя привода соединен с общим электропроводом, в результате чего двигатель работает. Удерживающий контакт 3 замыкается с коммутирующим переключателем, в результате чего образуется непосредственное питание двигателя привода от коммутирующего переключателя. При этом шунтируются термореле льдогенератора и микрореле. Теперь форма для льда начинает скручиваться (по часовой стрелке), и это не прерывается микрореле или термореле льдогенератора.

Цикл приготовления льда продолжается по мере поворота коммутирующего переключателя и шестерни двигателем привода. Контакты 2' и 4' термореле все еще замкнуты, хотя удерживающий контакт 3 замыкается на коммутирующем переключателе, который шунтирует термореле и микропереключатель. По этой причине двигатель привода продолжает работать, хотя чувствительный рычаг (рис. 250) начал подниматься из сосуда для льда, размыкая при этом микропереключатель. Форма для льда находится в последней стадии скручивания.

Цикл заполнения формы для льда. Форма для льда возвращается в исходное горизонтальное положение и заполняется водой, так как коммутирующий переключатель и шестерня переместились в положение замыкания контакта заполнения 12 и контакта 11, включился соленоид питательного вентиля (рис. 251). Поступающая вода нагревает баллон термореле льдогенератора выше уставки -9°C и замыкаются его контакты 1' и 2'. Чувствительный рычаг опускается в сосуд, но не касается льда, и микропереключатель возвращается в положение «Включено» для следующего цикла приготовления льда, который будет иметь место при замораживании воды и размыкании контактов термореле при температуре ниже -10°C .

Заполнение сосуда льдом. Когда высота слоя кубиков льда в сосуде достигает уровня, который заставляет чувствительный рычаг подниматься, контакты микропереключателя размыкаются (рис. 252). Даже если лед в сосуде готов для цикла подачи, а в приводном двигателе нет тока, подача льда не осуществляется. Лед остается в сосуде до тех пор, пока его уровень не опустится настолько, чтобы чувствительный рычаг замкнул схему.

Выемка сосуда. Когда сосуд по какой-либо причине вынимается, автоматический запорный рычаг заставляет чувствительный рычаг подняться из сосуда. В результате контакты микропереключателя размыкаются и предотвращается подача льда (рис. 253). Когда сосуд устанавливается на место, вся система возвращается в нормальное рабочее положение. Как указывалось ранее, необходимо избегать выемку сосуда, за исключением тех случаев, когда требуется осуществлять его чистку.

Задержка в работе. Задержка осуществляется в том случае, если может иметь место сброс воды до ее замораживания в лед. Выступ пластмассовой приводной шестерни попадает в вырез металлического коммутирующего переключателя. Этот выступ вызывает мгновенный электрический обрыв, который иногда называют мертвой точкой. Этот обрыв размыкает электрическую связь с контактом задержки б и микропереключателем. Если по какой-либо причине баллон термореле льдогенератора не подогревается после заполнения формы для льда

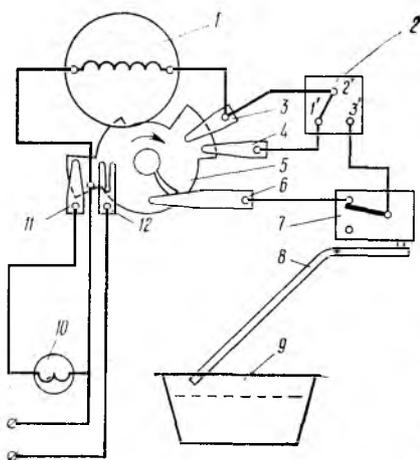


Рис. 251. Цикл заполнения. Обозначения те же, что и на рис. 250.

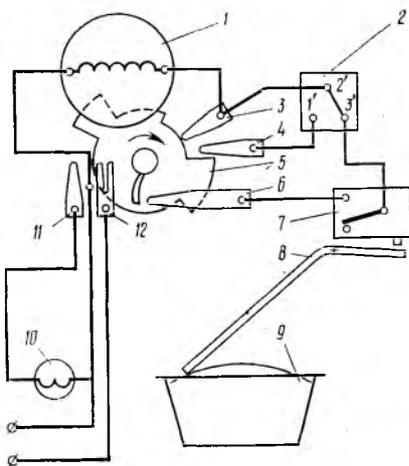


Рис. 252. Полный сосуд для льда. Обозначения те же, что и на рис. 250.

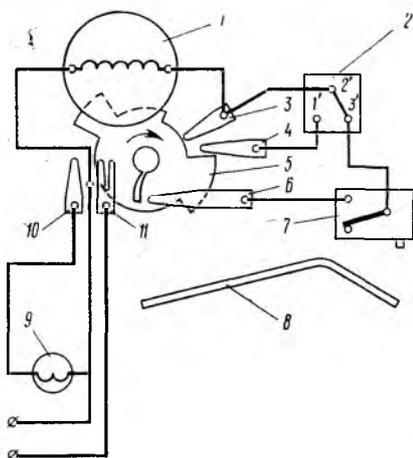


Рис. 253. Сосуд вынут из холодильника:

1 — двигатель; 2 — термореле; 3, 4, 6, 10, 11 — контакты; 5 — кулачок; 7 — микропереключатель; 8 — рычаг; 9 — соленоид питательного вентиля.

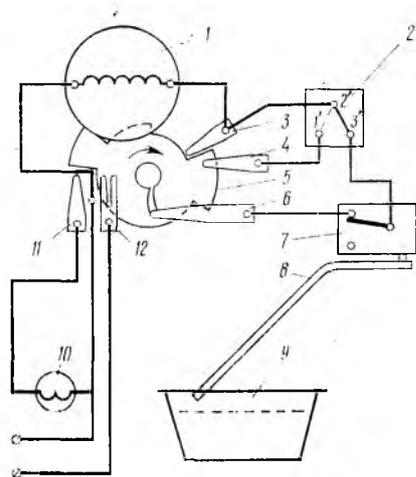


Рис. 254. Задержка в работе. Обозначения те же, что и на рис. 250.

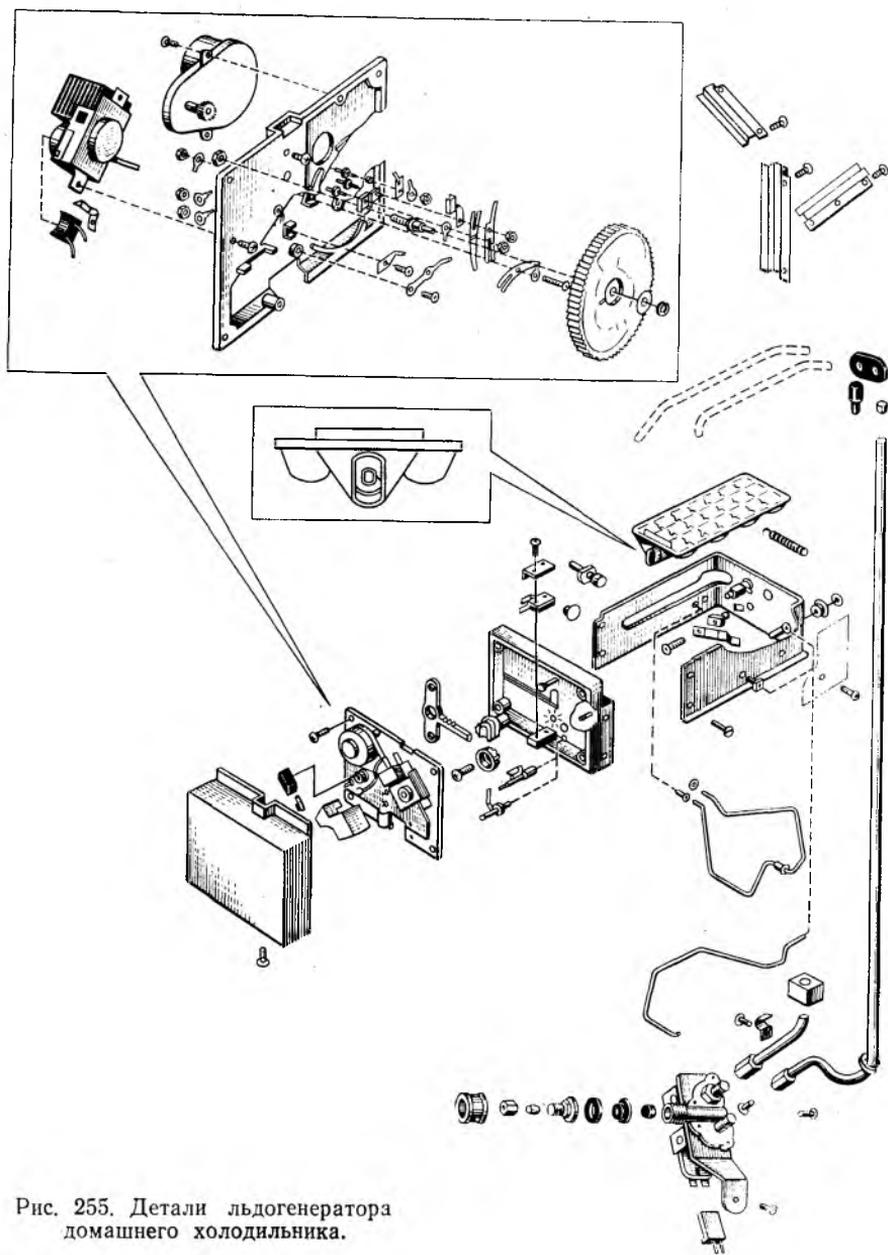


Рис. 255. Детали льдогенератора
домашнего холодильника.

и контакты термореле 1, 2 не замыкаются, может иметь место сброс воды, которая только что поступила в ледоформу (рис. 254). Если коммутирующий переключатель и шестерня в сборе останутся в этом положении задержки, автоматически происходит возврат цикла в исходное положение после следующего цикла оттаивания. Температура в пакетах с продуктами не повышается значительно во время цикла оттаивания, но температура воздуха над испарителем в течение некоторого времени повышается. Воздух должен быть достаточно нагрет для повышения температуры баллона термореле льдогенератора на несколько градусов, требуемой для возврата термореле в исходное положение, в особенности если в ледоформе нет воды. Если термореле не возвращается в исходное положение, необходимо проверить электрические соединения или даже заменить термореле. Если заполнения формы для льда все же не происходит, значит, дело не в термореле. Проверьте все по рис. 255.

Электрические схемы домашнего холодильника

При определении неполадок в агрегате домашнего холодильника механик по обслуживанию должен уметь читать электромонтажные схемы.

Различают два типа электромонтажных схем: поузловую и принципиальную. Поузловая схема дает представление о месторасположении узлов в агрегате, принципиальная схема — о последовательности работы элементов агрегата.

Электрическая схема низкотемпературного холодильника. Электрическую схему независимо от ее сложности проще разбирать по отдельным цепям. Для примера рассмотрим схему, показанную на рис. 256.

Начнем разбор схемы с электросиловой линии, обозначенной «Фаза». Первая цепь — это цепь освещения. Электрический ток поступает к лампочке низкотемпературного отделения, а затем течет дальше. Поэтому, когда дверь холодильника открыта, выключатель освещения замкнут и лампочка горит.

Следующая цепь состоит только из нагревателя двери, не содержит выключателей или других приборов. Поэтому, когда электрическая вилка вставлена в розетку, нагреватель обогревает дверь.

В следующую цепь включен компрессор. Первый элемент в цепи — термореле, за ним следует реле защиты от перегрузки, которое подключено к общей клемме компрессора. Ток проходит через пусковую обмотку компрессора, через контакты пускового реле, которые обычно разомкнуты. Ток с общей клеммы компрессора проходит также через рабочую обмотку компрессора к катушке пускового реле. Когда контакты термореле и реле защиты от перегрузки замкнуты, компрессор включится.

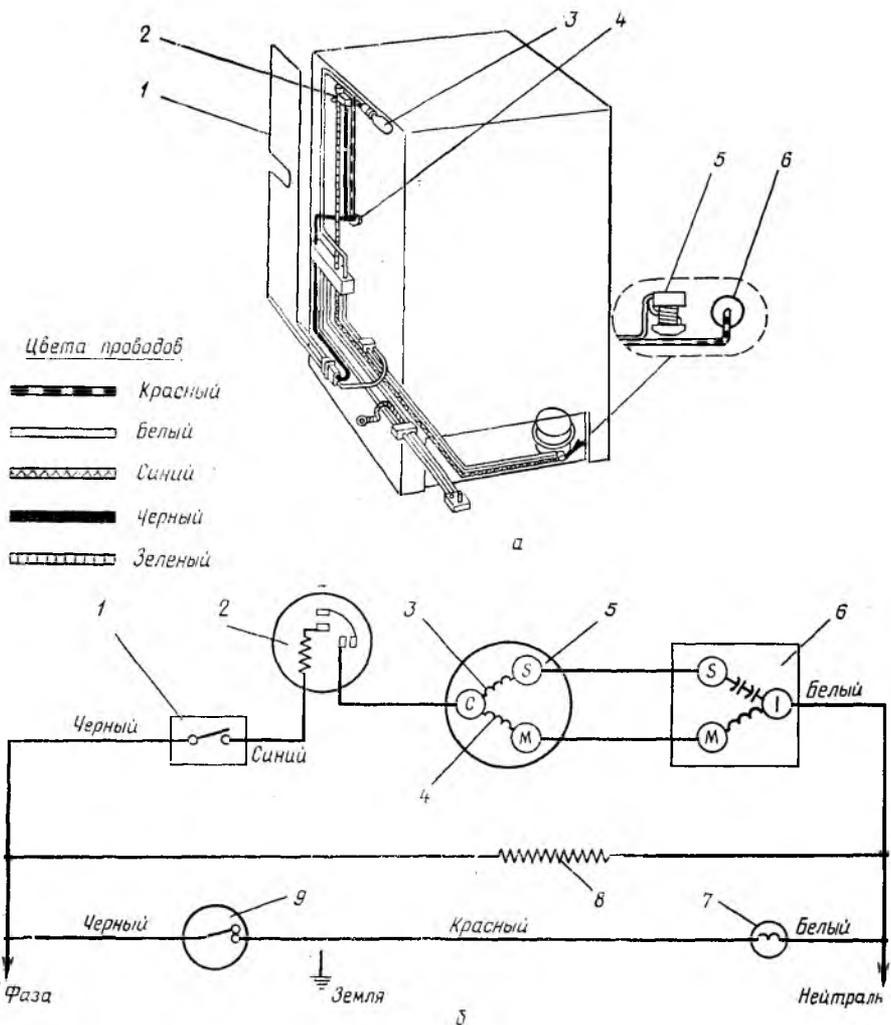


Рис. 256. Электрические схемы низкотемпературного холодильника:
 а — поузловая схема: 1 — нагреватель двери, 2 — реле температуры, 3 — лампочка, 4 — выключатель освещения, 5 — пусковое реле, 6 — реле защиты от перегрузки; б — принципиальная схема: 1 — реле температуры, 2 — реле защиты от перегрузки, 3 — пусковая обмотка, 4 — рабочая обмотка, 5 — компрессор, 6 — пусковое реле, 7 — лампа освещения, 8 — нагреватель двери, 9 — выключатель освещения.

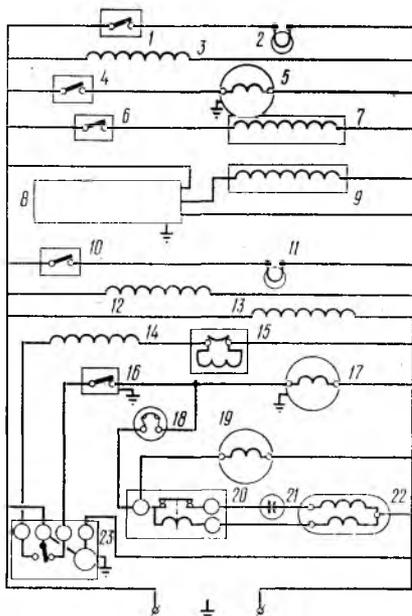
Ток подается на обе обмотки компрессора через общую клемму. Так как величина тока, проходящего через рабочую обмотку, большая, контакты пускового реле замыкаются и пусковая обмотка включается. При повышении частоты вращения вала компрессора величина тока снижается, в результате чего контакты пускового реле размыкаются, пусковая обмотка отключается, а рабочая обмотка остается под током. Агрегат

теперь работает в нормальном режиме. Когда контакты термо-реле размыкаются, подача электроэнергии прекращается и агрегат останавливается.

Электрическая схема домашнего холодильника для хранения пищевых продуктов, приготовления прохладительных напитков, кубикового льда и охлаждения воды. Несмотря на то что эта схема включает большее количество элементов, чем рассмотренная выше, ее также легко читать и определять последовательность работы узлов (рис. 257).

Рис. 257. Электрическая схема домашнего холодильника для хранения пищевых продуктов, приготовления прохладительных напитков, кубикового льда и охлаждения воды:

1 — выключатель лампы; 2 — лампа раздаточного устройства; 3 — нагреватель корпуса раздаточного устройства; 4 — выключатель раздаточного устройства для льда; 5 — двигатель раздаточного устройства для льда; 6 — выключатель раздаточного устройства для сока; 7 — электромагнитный вентиль раздаточного устройства для сока; 8 — льдогенератор; 9 — электромагнитный водяной вентиль льдогенератора; 10 — выключатель лампы; 11 — лампа в камере холодильника; 12 — горизонтальный нагреватель-осушитель; 13 — нагреватель системы слива; 14 — нагреватель системы оттаивания; 15 — термореле системы оттаивания; 16 — реле температуры; 17 — вентилятор низкотемпературного отделения; 18 — предохранитель двигателя; 19 — вентилятор конденсатора; 20 — пусковое реле; 21 — электрический конденсатор; 22 — компрессор; 23 — реле времени оттаивания.



Комнатные кондиционеры

Выше рассматривались бытовые холодильные аппараты, работающие при температуре испарителя ниже точки замерзания воды. Комнатные кондиционеры работают при температуре испарителя выше точки замерзания воды. Они предназначены для восприятия тепловых нагрузок от 1500 до 9400 Вт. Домашние холодильники и морозильники предназначены для нагрузок от 115 до 300 Вт при температуре испарителя -18°C . Оконные кондиционеры работают с температурой испарителя 4°C и снижают температуру циркулирующего в обслуживаемом помещении воздуха почти на 11°C . При этом происходит отбор влаги из воздуха, в результате чего условия в помещении становятся более комфортными.

В любом кондиционере воздуха имеются две основные системы: холодильная система и система циркуляции воздуха.

Герметичный агрегат кондиционера аналогичен герметичному агрегату домашнего холодильника. Комнатные кондиционеры чаще всего работают на R22. Кондиционеры работают при более высоких давлениях и температуре кипения хладагента, чем домашние холодильники и морозильники. Поэтому капиллярная трубка обычно имеет значительно больший диаметр. Обслуживание кондиционеров примерно такое же, как и других холодильных установок.

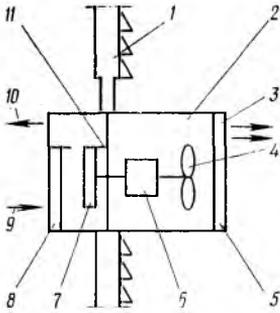


Рис. 258. Схема циркуляции воздуха в кондиционере:

1 — стена; 2 — вход наружного воздуха; 3 — выход наружного воздуха; 4 — вентилятор конденсатора; 5 — конденсатор; 6 — двигатель; 7 — вентилятор испарителя; 8 — испаритель; 9 — вход воздуха из помещения; 10 — выход воздуха в помещении; 11 — перегородка.

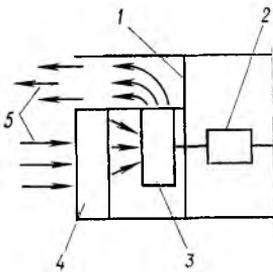


Рис. 259. Схема циркуляции воздуха в кондиционируемом помещении:

1 — перегородка; 2 — двигатель; 3 — вентилятор; 4 — испаритель; 5 — циркуляция воздуха внутри помещения.

Система циркуляции воздуха в комнатном кондиционере имеет два контура: контур циркуляции воздуха, находящегося в помещении, и контур циркуляции воздуха, поступающего извне (рис. 258).

Воздух из обслуживаемого помещения (рис. 259) циркулирует через испаритель с помощью центробежного вентилятора, который имеет высокую производительность и низкий уровень шума.

Вентилятор, применяемый для обдува конденсатора, обычно лопастного типа (осевой). Он расположен вне кондиционируемого пространства. Этот вентилятор перемещает наружный воздух, обдувающий компрессор и конденсатор. Он имеет отражательное кольцо по периферии лопастей, которое подхватывает из поддона конденсат, стекающий с испарителя, и разбрызгивает его по поверхности конденсатора. Это способствует охлаждению конденсатора и повышает эффективность агрегата.

Двигатель вентилятора может быть односкоростным или многоскоростным. При замене необходимо устанавливать однотипный двигатель. Если частота вращения двигателя изменяется, изменяется и объем подаваемого воздуха. Таким образом регулируется холодопроизводительность и изменяются комфортные условия в кондиционируемом помещении.

Проверка производительности кондиционера. Производительность комнатных

кондиционеров определяют по результатам испытаний. Во время этих испытаний воздух в помещении должен иметь температуру $26,7^{\circ}\text{C}$ и относительную влажность 50 %, а воздух, проходящий через конденсатор, 35°C по сухому термометру и относительную

влажность 38 %. Производительность агрегата зависит от изменения этих условий.

Колебания температуры окружающей среды и относительной влажности непосредственно влияют на холодопроизводительность и перепад температур в испарителе. Монтаж агрегата в загроможденном помещении с неблагоприятными условиями эксплуатации, неправильный выбор агрегата для данного помещения, в котором количество людей превышает норму, загрязненные воздушные фильтры, а также неправильно направленные жалюзи — все это может повлиять на поддержание необходимых комфортных условий.

Агрегат можно проверить по средней величине производительности, не учитывая при этом ничего, кроме температуры воздуха, поступающего в конденсатор, перепада температур по сухому термометру в испарителе и расхода мощности, потребляемой агрегатом.

При испытании производительности агрегата необходимо проверить чистоту воздушного фильтра, испарителя и конденсатора, а также убедиться в том, что ребра аппаратов не погнуты и не препятствуют движению воздуха. Следует убедиться также в том, что регулируемые воздухораспределительные жалюзи направляют поток воздуха вверх и направо или налево, но не вниз. Воздух, направляемый вниз, может попасть в кондиционер и повлиять на его производительность.

Необходимо замерить температуру по влажному и сухому термометрам и общий расход мощности. Агрегат до снятия показаний должен проработать в режиме максимального охлаждения около 15 мин.

Температуры по влажному и сухому термометрам, требуемые для определения относительной влажности, можно замерить с помощью психрометра.

Ваттметр должен быть присоединен до пуска агрегата.

Замеры параметров производят следующим образом. Определяют температуру по сухому термометру потока воздуха на входе и выходе из испарителя. Температуру воздуха на входе измеряют в центре, перед решеткой кондиционера. Температуру воздуха на выходе определяют перед нагнетательной решеткой. В связи с тем что будут иметь место небольшие колебания температуры, то для получения средней величины необходимо делать замеры, по крайней мере, три раза.

Температуру по сухому термометру на входе в конденсатор можно измерить термометром или любым точным температурным прибором.

Температуру замеряют приблизительно на расстоянии 6—12 мм от воздушных жалюзи на входе в конденсатор. Термометр не должен касаться жалюзи и на него не должны попадать прямые солнечные лучи. Полученные показания можно сверить с заводскими таблицами.

Проверка термореле. Рабочим диапазоном термореле является разность между самой низкой температурой включения и самой высокой температурой выключения. Эта разность обычно составляет 11 °С при повороте винта настройки термореле на 180°.

Температуру включения и выключения термореле (рабочий дифференциал) определяют, измеряя температуру воздуха на входе в кондиционер с помощью точного температурного прибора. Температуру следует замерять таким же образом, как и при проверке производительности комнатного кондиционера.

Перед проверкой температуры необходимо убедиться в том, что нагнетаемый воздух не направляется к входной решетке под воздействием жалюзи, гардин, занавесей, рядом расположенных предметов, например мебели, а также человека, стоящего перед кондиционером.

Для обеспечения нормальной производительности кондиционера необходимо, чтобы чувствительный баллон термореле был расположен перед испарителем на расстоянии 6—9 мм. Если капиллярная трубка или термобаллон термореле размещены слишком близко к испарителю или находятся с ним в контакте, то они воспримут непосредственно его температуру, а не температуру воздуха, в результате чего компрессор будет работать короткими циклами.

Условия эксплуатации. Работа короткими циклами. В большинстве случаев работа кондиционера короткими циклами является результатом того, что воздух, нагнетаемый через воздухораспределительную решетку, ударяется о близстоящие предметы, например мебель, стены, занавеси, и отражается, поступая обратно к входным отверстиям. Охлажденный воздух воздействует на термореле, которое отключает компрессор до того, как помещение в действительности будет охлаждено. Теплый воздух, проходящий через распределительную решетку на входе, обдувает термобаллон термореле. Его контакты замкнутся, и компрессор снова включится. Если двигатель при этом все еще горячий или давления в агрегате не уравнились, то условия пуска могут быть тяжелыми, в результате чего сработают защита от перегрузки или автоматический выключатель или расплавится предохранитель в электрической цепи.

Если будут иметь место работа короткими циклами или преждевременное отключение компрессора, то желательно прикрепить небольшой отрезок изоляционной ленты на задней стороне зажима баллона термореле для уменьшения теплопередачи между зажимом и испарителем. Может оказаться полезным обмотать лентой часть термобаллона для снижения его чувствительности.

Наружный воздух, поступающий снизу в неудовлетворительно смонтированный кондиционер, может обдувать баллон

термореле, в результате чего температура в помещении будет регулироваться плохо и агрегат будет работать короткими циклами. В недостаточно изолированном здании или в случае, когда кондиционер смонтирован близко к полу, может оказаться желательным переместить зажимы баллона термореле на испарителе немного выше, чтобы лучше изолировать его от сквозняков.

Обмерзание испарителя. Обмерзание испарителя обычно является результатом недостаточного потока воздуха через него. Это происходит из-за загрязнения испарителя, воздушных фильтров, помех в виде занавесей или гардин, мебели и т. п. Кроме того, когда наружный воздух становится довольно прохладным, холодопроизводительность кондиционера может возрасти до такого уровня, что испаритель начнет обмерзать. Для защиты от обмерзания в некоторых кондиционерах зажимы, удерживающие баллон термореле, имеют такую конструкцию, что он контактирует с испарителем. Если лед коснется зажимов, баллон охладится до такой степени, что термореле отключит компрессор и лед растает.

Работа при низкой температуре окружающей среды. Кондиционер не будет работать даже в теплом помещении при температуре наружного воздуха ниже 15 °С. Металл, из которого сделаны основные узлы кондиционера, может стать таким холодным, что паровой наполнитель силового элемента сконденсируется и его давление не обеспечит замыкания контактов термореле.

Если компрессор работает при очень низкой температуре наружного воздуха, то могут иметь место перегрев и даже повреждение двигателя компрессора из-за недостаточного потока хладагента через капиллярную трубку и испаритель для охлаждения обмоток электродвигателя.

Низкое напряжение. Низкое напряжение является довольно распространенной причиной неполадок при работе комнатного кондиционера. Поэтому крайне важно, чтобы механик проверил напряжение в сети во время технического обслуживания кондиционера с учетом мощности двигателя.

В результате низкого напряжения могут возникнуть следующие неполадки: агрегат не включается; двигатель компрессора работает циклично независимо от защиты; защита двигателя выходит из строя из-за сгорания клемм; перегорают предохранители; испаритель обмерзает (при низком напряжении частота вращения вентилятора может уменьшиться настолько, что испаритель обдувается недостаточным количеством воздуха, в результате чего происходит его обмерзание).

Причинами низкого напряжения могут быть применение удлинительных шнуров, неправильная электрическая схема и др.

Высокое напряжение. Высокое напряжение также является причиной многих неполадок, например перегрева двигателя, выхода из строя защиты от перегрузки, электрического конденсатора.

Выход из строя компрессора. Неработающий компрессор отсоединяют от электрической цепи и проверяют до принятия решения относительно его замены. Сопротивление обмоток измеряют и сравнивают с величинами, указанными на схеме.

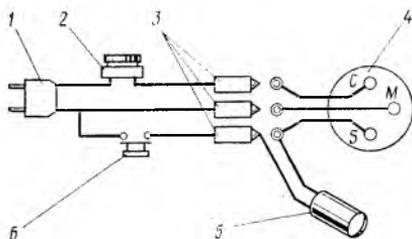


Рис. 260. Устройство для проверки компрессора:

1 — вилка, 2 — предохранитель автоматического выключателя; 3 — присоединительные колодки; 4 — клеммы компрессора; 5 — конденсатор; 6 — выключатель мгновенного действия.

При проверке компрессора следует пользоваться устройством для испытания и конденсатором с соответствующей емкостью. Устройство присоединяют так, как указано на рис. 260.

Установка вентиляторов. Если вентиляторы конденсатора и испарителя в кожухах установлены неправильно, то может иметь место снижение интенсивности потока воздуха. В результате повышается давление конденсации в жаркую погоду или происходит обмерзание испарителя в холодную погоду.

Отражательное кольцо на вентиляторе конденсатора захватывает воду из поддона и разбрызгивает ее на конденсатор. Производительность агрегата повышается за счет улучшения теплопередачи конденсатора при испарении воды.

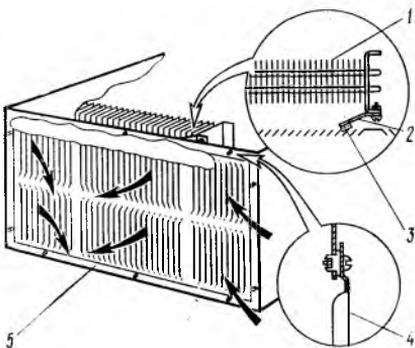


Рис. 261. Схема потока воздуха к конденсатору кондиционера:

1 — конденсатор; 2 — заслонка; 3 — уплотнение из пенопласта; 4 — воздухо-распределительная решетка; 5 — задняя часть корпуса.

Установка заслонок для циркуляции воз-

духа через конденсатор. Очень важно, чтобы заслонка для циркуляции воздуха через конденсатор была смонтирована у торца конденсатора. Это предотвращает рециркуляцию нагретого в конденсаторе воздуха (рис. 261).

Задняя алюминиевая решетка установлена на коробе так, чтобы нагнетаемый через конденсатор воздух не всасывался обратно через распределительную решетку на входе.

Возможные неполадки оборудования и способы их устранения рассмотрены в таблице диагностики обслуживания.

Правила безопасности

При обслуживании и эксплуатации домашних холодильников нужно обязательно выполнять следующие правила безопасности.

Следует всегда обращаться за помощью при необходимости переместить домашний холодильник или морозильник.

Запрещается удалять иней и лед с поверхности испарителя острыми инструментами, например ножами и др.

Агрегат должен быть всегда хорошо заземлен.

В помещении, где находится холодильник, необходимо поддерживать чистоту. На полу не должно быть ни масла, ни воды.

При зарядке или выпуске хладагента необходимо надевать защитные очки.

Следует обеспечить хорошую вентиляцию при ремонте мест утечек и выпуске хладагента.

Запрещается использовать четыреххлористый углерод для очистки системы, так как он токсичен.

Выводы

Бытовое холодильное оборудование включает домашние холодильники, низкотемпературные холодильники, комнатные кондиционеры.

В современных домашних холодильниках и морозильниках наиболее распространенными изоляционными материалами являются стекловолокно, пенопласт и пенополиуретан.

Пароизоляция предотвращает проникновение влаги в теплоизоляцию, находящуюся между кожухом и внутренней обшивкой.

Для обеспечения лучшей герметизации на дверях домашних холодильников устанавливают уплотнительный профиль с магнитной вставкой. При этом дверь легко открывается как снаружи, так и изнутри. Облицовочные накладки используются для уменьшения теплопритока за счет проводимости.

Полосовой нагреватель представляет собой жилу провода высокого сопротивления, который прикрепляется к полоске алюминиевой фольги.

Полосовой нагреватель монтируют вокруг двери холодильника, под облицовочной накладкой.

Полосовой нагреватель предотвращает конденсацию влаги по периметру двери.

Полки домашнего холодильника должны быть открытого решетчатого типа для свободной циркуляции воздуха в камере.

Нежелательно устанавливать холодильник рядом с плитой и отопительными приборами.

Домашний холодильник должен подключаться к отдельной электрической розетке.

Температура в холодильнике начинает понижаться не ранее чем через 30 мин после включения агрегата.

Холодильная система имеет стороны высокого и низкого давлений.

Испаритель — это тот узел в холодильной системе, с помощью которого охлаждаются продукты в камере холодильника.

Компрессор предназначен для сжатия пара хладагента низкого давления в целях превращения его в пар высокого давления.

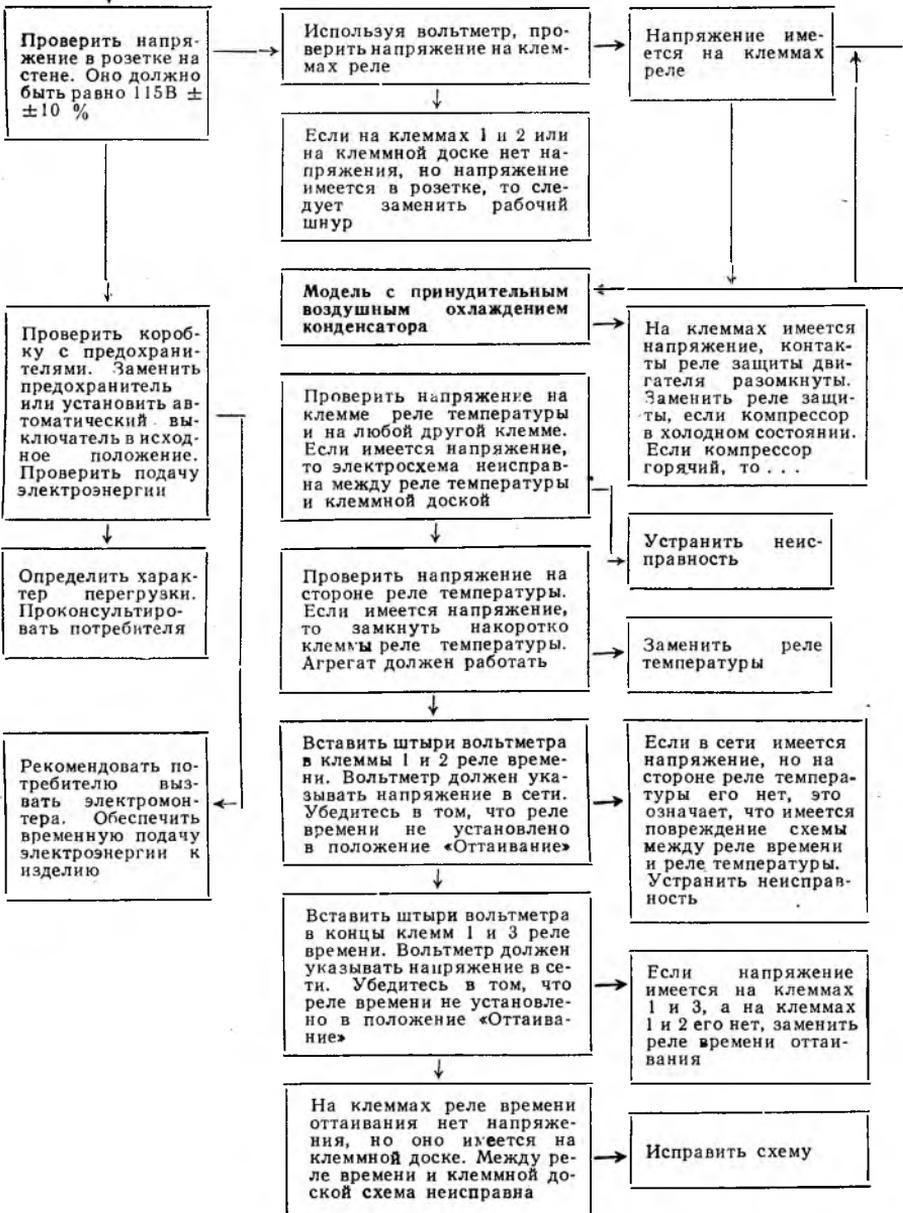
Температура пара в конденсаторе должна быть выше температуры окружающего воздуха, в результате чего пар отдает тепло, поглощенное хладагентом в испарителе.

СТАНДАРТНАЯ ТАБЛИЦА

Условие. Холодильный агрегат не работает.

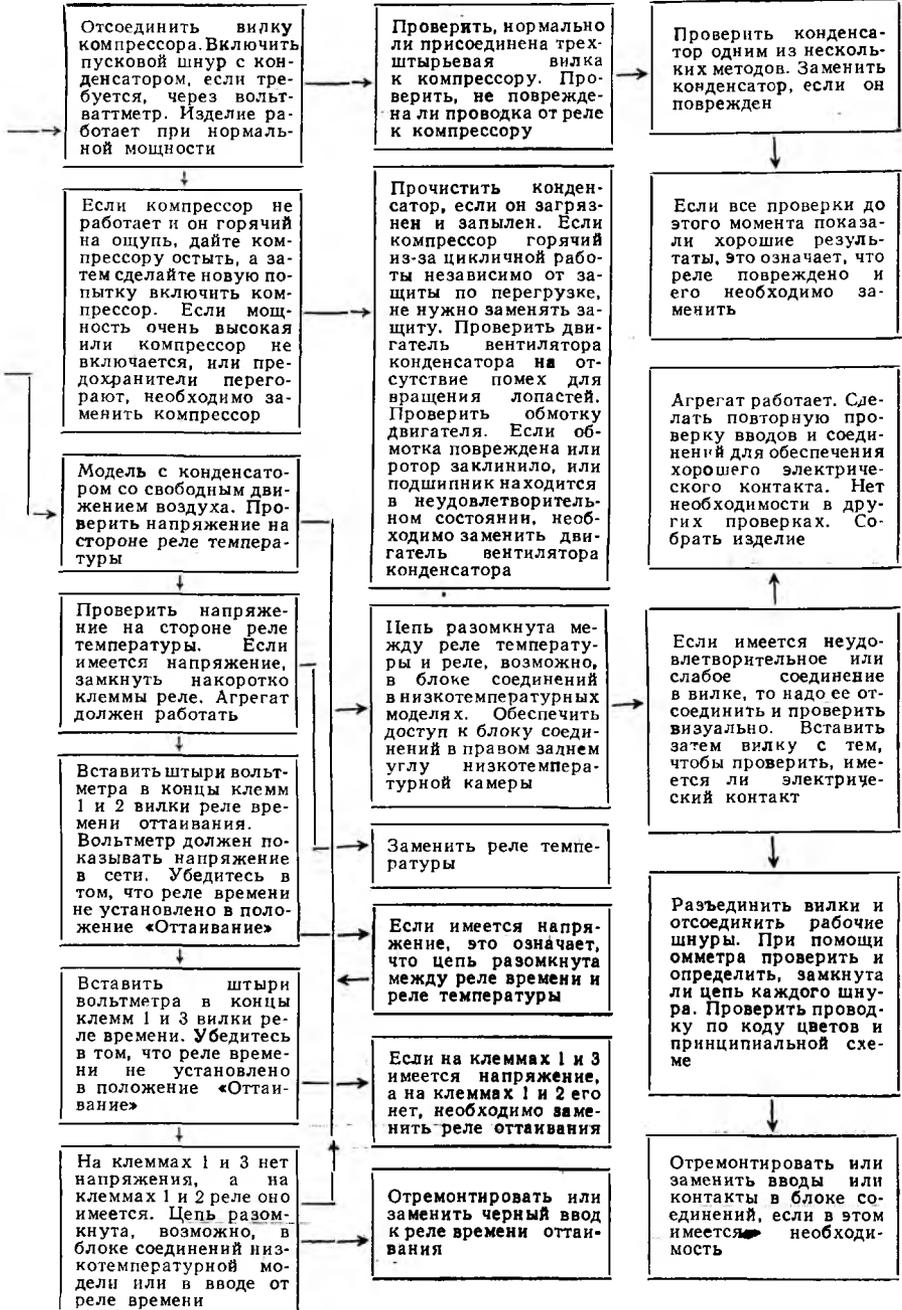
Предупреждение. Во время всего процесса, описанного ниже, агрегат включен в сеть для проверки напряжения

Начало здесь. Установить реле температуры в положение «Холод». Открыть дверь и проверить, работает ли внутреннее освещение.

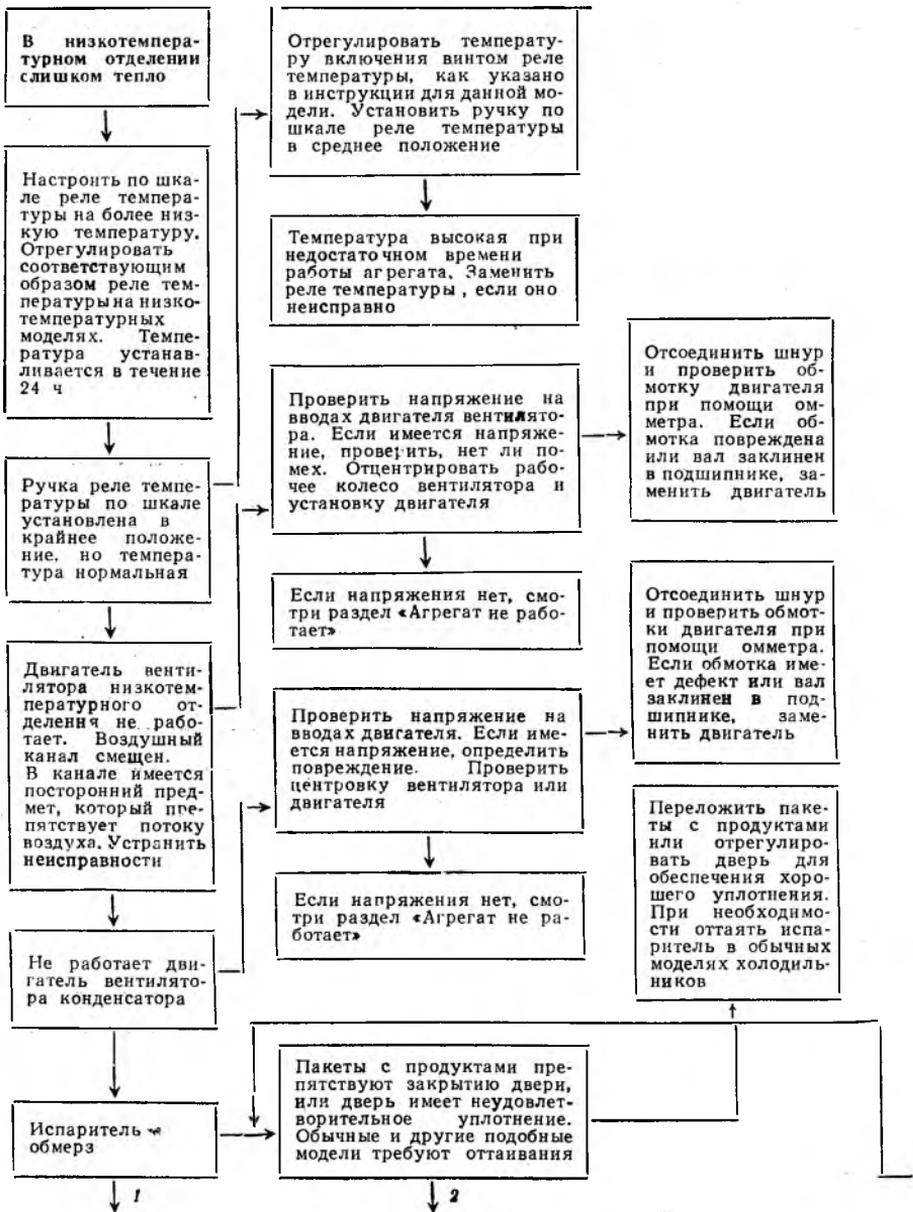


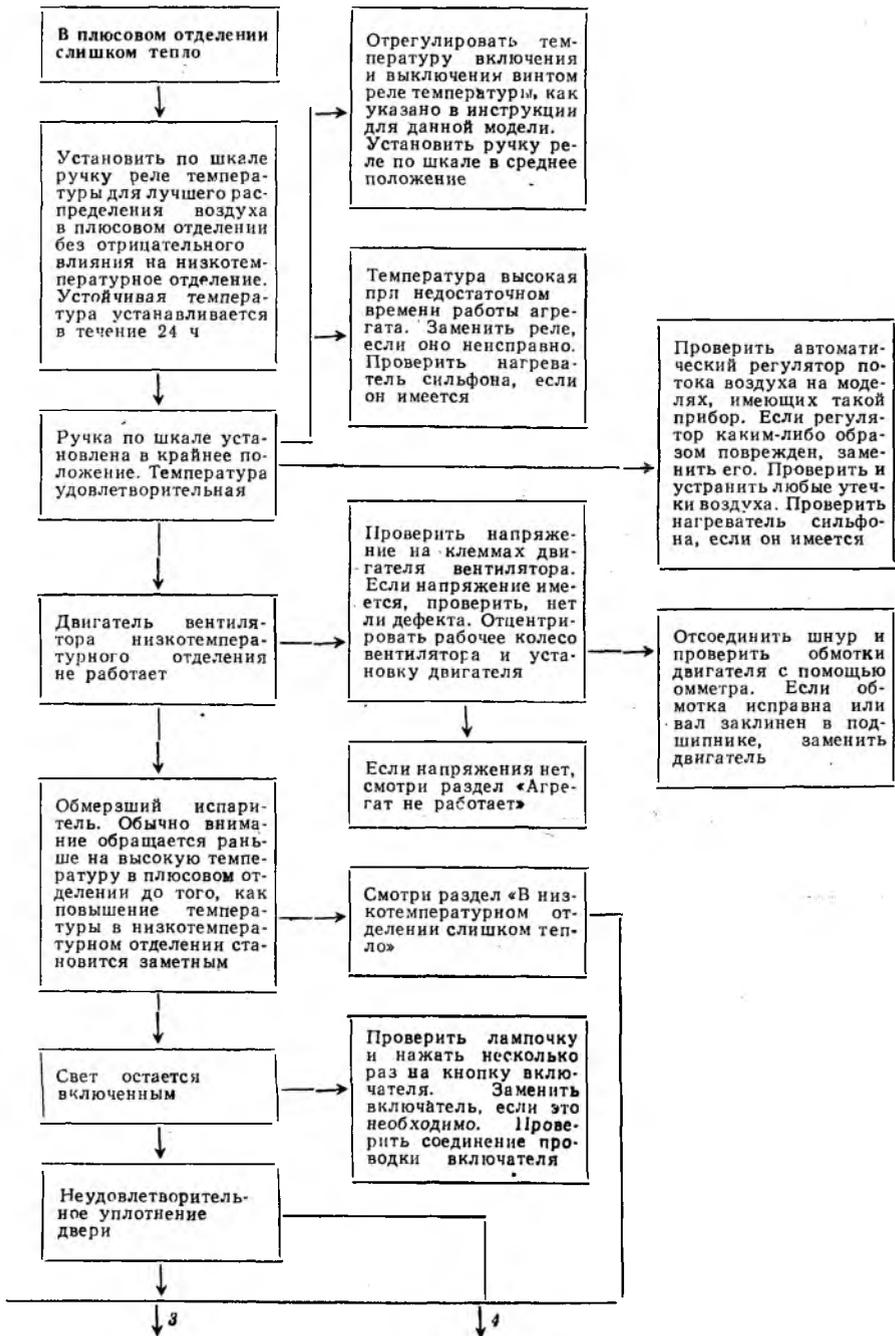
ДИАГНОСТИКИ ОБСЛУЖИВАНИЯ

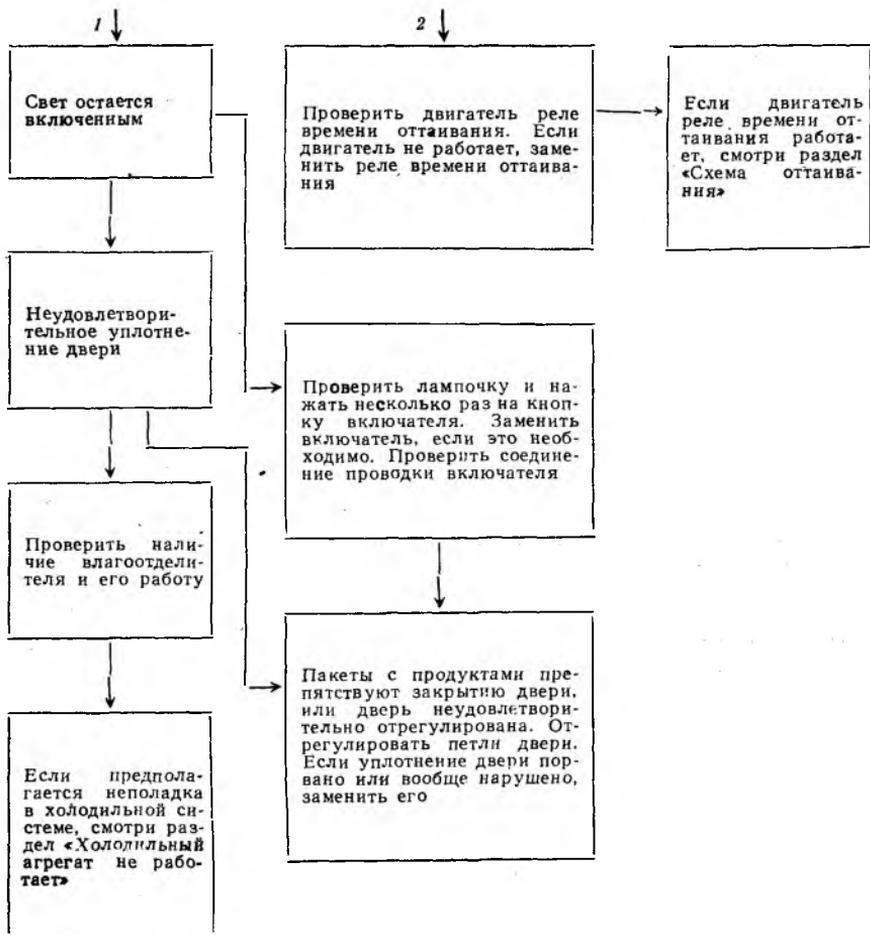
Как пользоваться данной таблицей: следуйте по стрелке направо, если утверждение в пункте действительно; следуйте по стрелке вниз, если утверждение в пункте недействительно

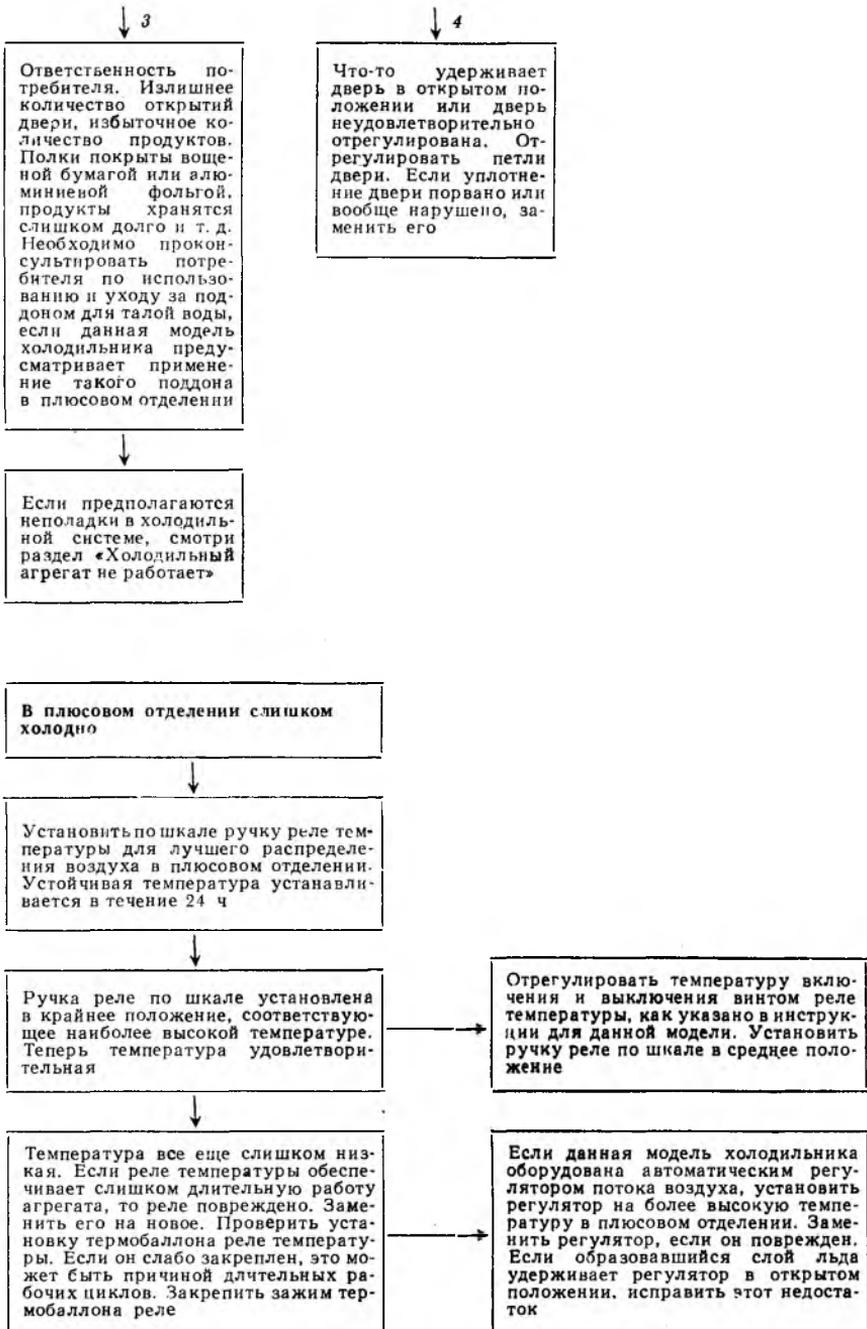


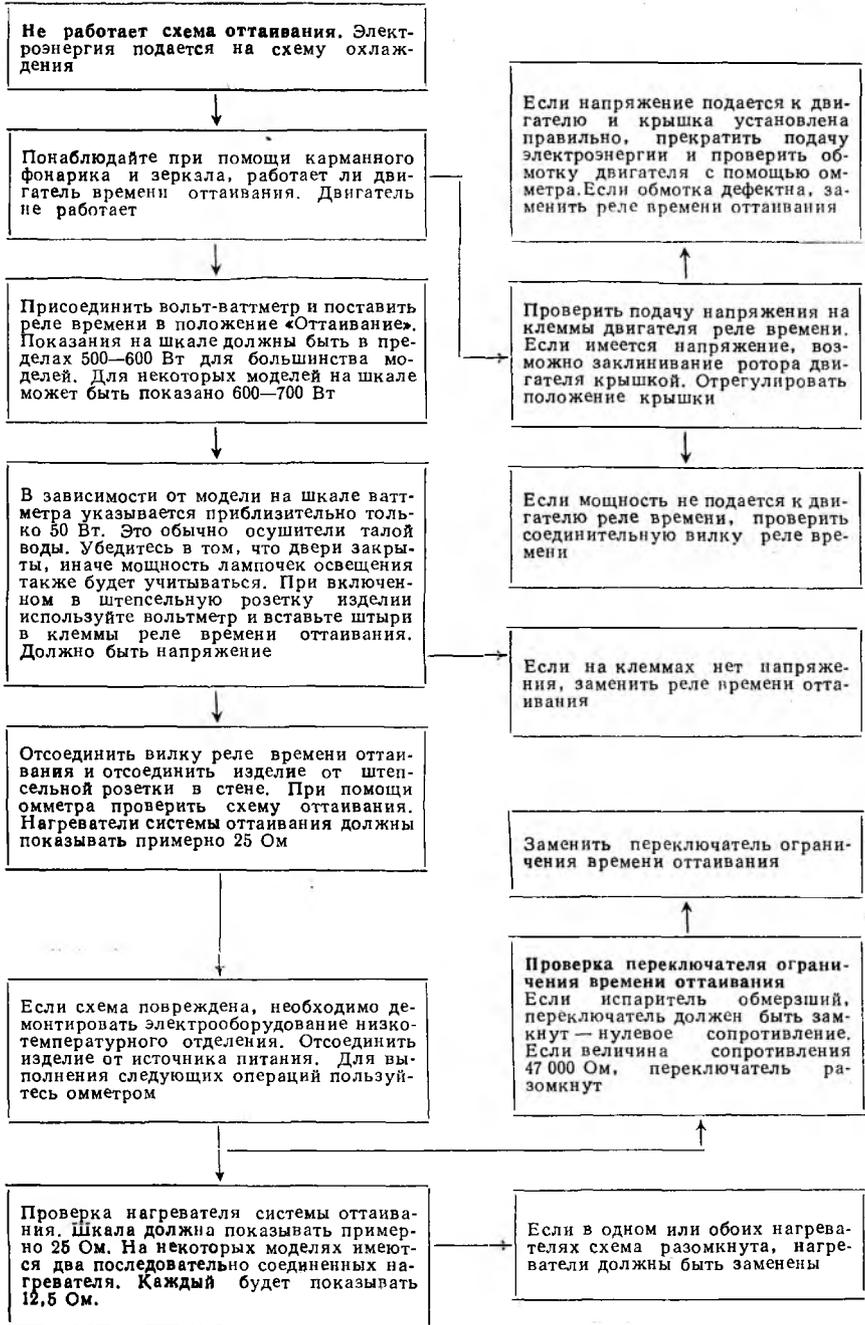
Условие. Компрессор работает, но температура неудовлетворительная. Необходимо замерить температуру хранящихся продуктов. Желательный диапазон в низкотемпературном отделении — 18 до -15 °С и в плюсовом отделении — от 0 до 4 °С. Температура колеблется в зависимости от температуры окружающей среды, коэффициента использования (частоты открывания дверей), тепловой нагрузки от поступающих на хранение продуктов, температурных уставок регулирования, времени дня, в которое измеряется температура, и т. д.











Агрегат работает слишком долго.
Проверить по приведенной ниже схеме:

↓

Нормальная работа. Время работы агрегата колеблется в зависимости от модели холодильника. Механик должен ознакомиться с инструкцией. Обычные холодильники и модели с необмерзающим испарителем имеют различные характеристики. То, что нормально для одной модели, может быть ненормальным для другой. Необходимо проконсультироваться об этом потребителя, пользуясь инструкцией, поставляемой вместе с холодильником

↓

Проверить температуру продуктов, в особенности продуктов, находящихся в низкотемпературном отделении. Если температура ниже -18°C , повернуть ручку реле на более высокую температуру для сокращения времени работы агрегата. Устойчивая температура устанавливается в течение 24 ч

↓

Ручка по шкале реле находится в крайних положениях, но температура и время работы агрегата кажутся нормальными

↓

Компрессор работает слишком много, и температура слишком низкая

↓

Компрессор работает, а двигатель вентилятора низкотемпературного отделения не работает или работает с недостаточной частотой вращения. Температура заметно выше нормальной

↓

Уплотнение дверей неудовлетворительное

↓

Через конденсатор проходит недостаточное количество воздуха

↓

Холодильная система. См. этот пункт в разделе «Компрессор работает, но температура неудовлетворительная». Проверить: 1) достаточно ли в системе хладагента, 2) нет ли в системе каких-либо сопротивлений, 3) исправен ли компрессор, 4) нет ли утечек, 5) нет ли влаги, 6) обмерзает ли всасывающая линия, 7) нет ли масла в испарителе

Отрегулировать температуру включения и выключения внятым реле температуры, как указано в инструкции для данной модели, Установить ручку по шкале реле в среднее положение

↓

Проверить установку патрона термореле. Крепление патрона может быть ослаблено или неправильным

↓

Если реле кажется поврежденным или не отключает компрессор, заменить его, если все другие условия нормальные

↓

Проверить, нет ли каких-либо препятствий или дефектов монтажа, влияющих на работу двигателя. Сделать ремонт, если в этом имеется необходимость

↓

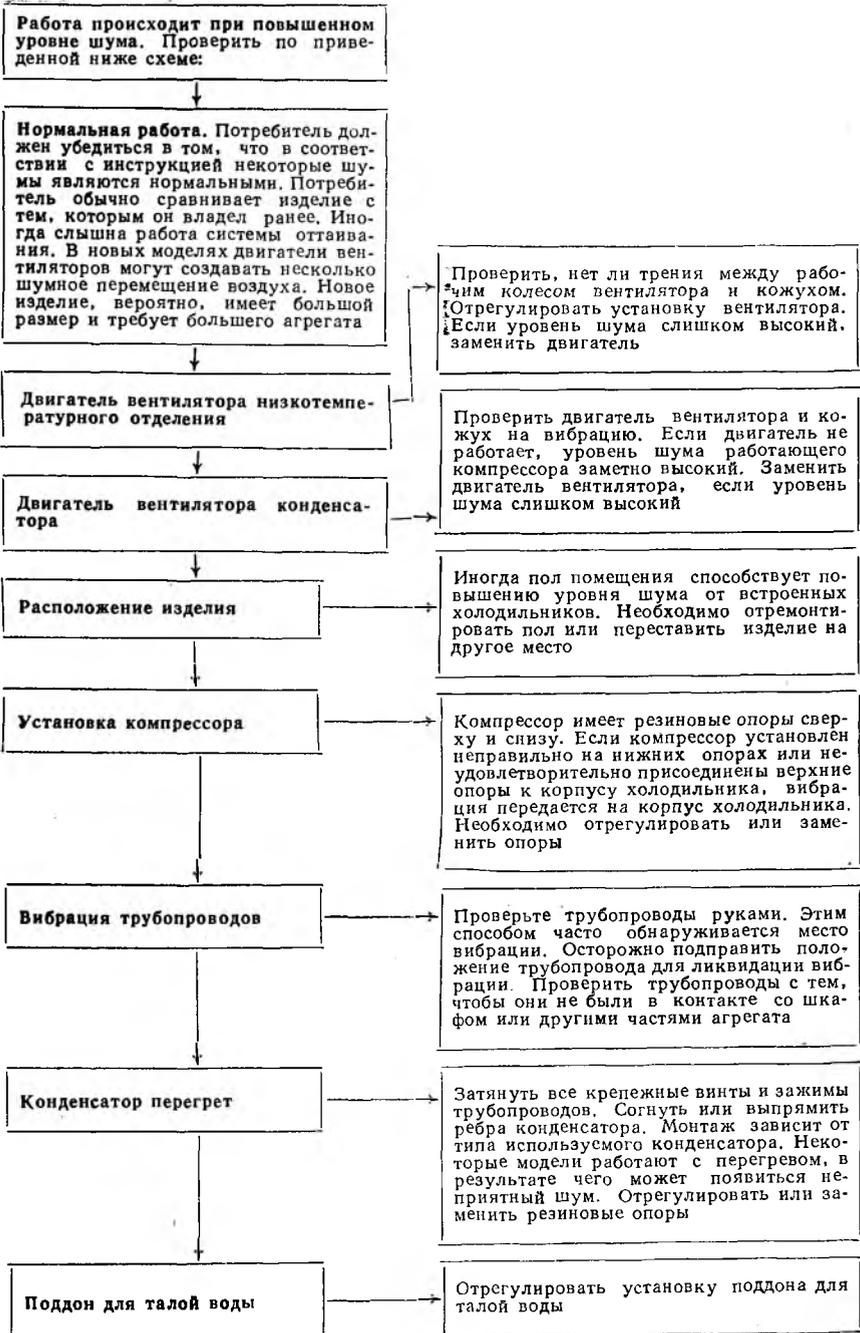
Проверить обмотку двигателя и подшипники, влияющие на работу двигателя. Заменить двигатель

↓

Отрегулировать двери таким образом, чтобы обеспечить соответствующее уплотнение на всех четырех сторонах. Проверить на наличие какого-либо препятствия, которое удерживало бы дверь в открытом положении. Если уплотнение двери порвано или вообще нарушено, заменить его

↓

Проверить наличие достаточного зазора между изделием и стеной помещения при установке холодильника. Обеспечить свободное пространство вокруг конденсатора. Очистить конденсатор от грязи и пыли. Проверить частоту вращения вентилятора конденсатора.



Конденсатор предназначен для передачи тепла, поглощенного хладагентом, в окружающий воздух.

Крайне важно, чтобы конденсатор обдувался достаточным количеством воздуха.

Фильтр-осушитель задерживает посторонние примеси, которые могли бы уменьшить поток хладагента через систему, и удаляет влагу, которая могла бы замерзнуть в капиллярной трубке и закупорить ее.

В герметичных системах не рекомендуется использовать спирт для предотвращения замерзания влаги.

Капиллярная трубка регулирует количество жидкого хладагента, поступающего из конденсатора в испаритель.

Неудовлетворительная циркуляция воздуха в домашнем холодильнике может привести к повышению температуры в камере и порче пищевых продуктов.

Отражатель предназначен для направления потока холодного воздуха непосредственно через отделение для приготовления льда.

Холодильник с боковым расположением камеры имеет один общий необмерзающий змеевиковый испаритель, установленный вертикально в низкотемпературном отделении. Он охлаждает также плюсовое отделение.

В двухкамерных холодильниках подача воздуха в плюсовое отделение регулируется заслонкой.

В большинстве систем оттаивания используют электронагреватели.

Реле времени оттаивания в установленное время включает систему оттаивания.

С помощью ограничителя времени оттаивания устанавливается длительность цикла оттаивания.

Талая вода сливается в поддон, расположенный в машинном отделении, где она испаряется.

Работой агрегата управляет термореле, баллон которого расположен вверху плюсового отделения. Продолжительность работы агрегата зависит от количества холодного воздуха, который подается из низкотемпературного отделения.

Когда требуется более низкая температура в низкотемпературном отделении, то следует отрегулировать термореле на более низкую уставку и немного закрыть ручную заслонку, ограничив подачу холодного сухого воздуха в плюсовое отделение.

При обслуживании домашних холодильников дефекты, если они имеются, часто обнаруживаются в регуляторах, а не в холодильном агрегате.

Интенсивность потока воздуха может уменьшиться в результате работы двигателя вентилятора с недостаточной частотой вращения.

Температура в морозильном отделении холодильника с необмерзающим испарителем поддерживается в диапазоне от -18 до -15 °C и в диапазоне от -12 до -11 °C в других моделях холодильников в зависимости от уставки термореле.

Температура в плюсовом отделении холодильника должна быть в диапазоне от 0 до 4 °C.

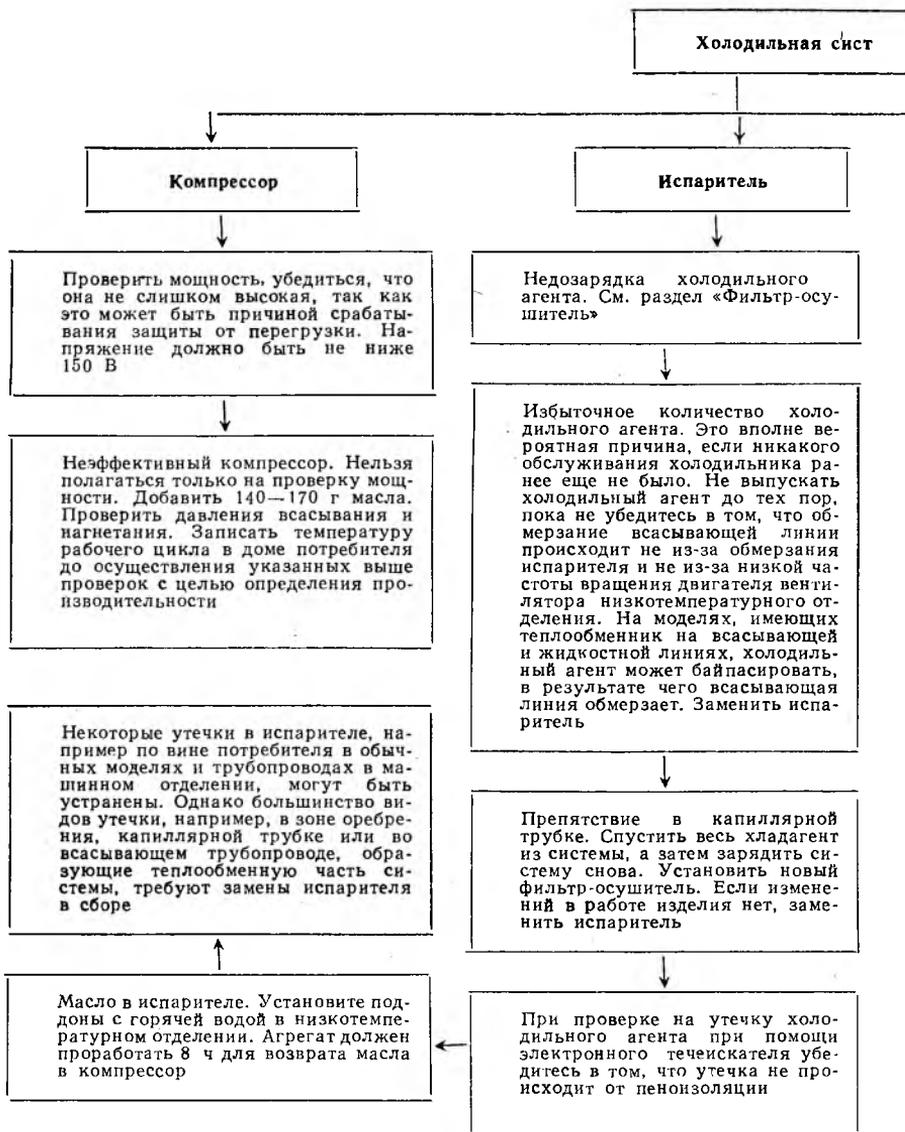
Множественное включение и выключение силового шнура агрегата в сеть может быть причиной срабатывания защиты компрессора от перегрузки.

Замеряя потребляемую мощность, можно определить, заклинен ли компрессор, имеются ли в обмотке двигателя компрессора короткое замыкание, пробой на корпус, заклинен ли ротор, или другие внутренние неполадки.

Недозарядку хладагента или неисправность компрессора нельзя определить только по величине потребляемой мощности.

Можно считать, что электрический конденсатор неисправен, если компрессор не работает, иногда громко гудит или жужжит, или почти включается, но затем выключается полностью.

Неисправные электрические конденсаторы должны заменяться новыми с теми же характеристиками.

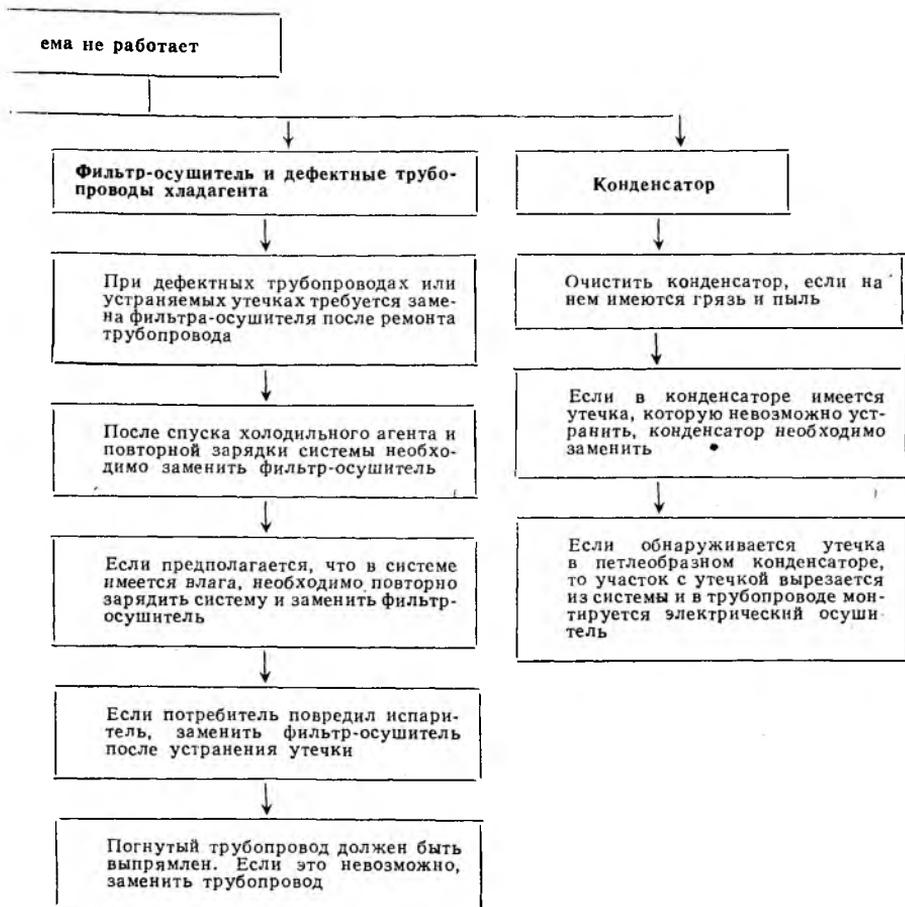


Манометры следует устанавливать только тогда, когда все остальные возможности проверки неисправности исчерпаны и механик убежден, что дефект имеет место в холодильной системе.

Неполадки на стороне нагнетания составляют примерно 90 % от всех дефектов герметичной системы.

Необходимо помнить, что колебания давления всасывания влияют на давление нагнетания.

Домашние холодильники не могут работать эффективно при температуре окружающей среды ниже 15 °С.



Домашний холодильник нормально работает при температуре окружающей среды до 43 °С.

При недозарядке хладагента прежде всего замечают повышение температуры пищевых продуктов.

В некоторых случаях, например при эксплуатации обычного холодильника или морозильника при незначительной недозарядке хладагента замораживание продуктов может иметь место в плюсовом отделении из-за увеличения продолжительности работы агрегата.

Охлаждение трубопровода на стороне низкого давления происходит за местным сопротивлением. Опытный механик проверяет трубопроводы на ощупь при возникновении подозрения на местное сопротивление.

Препятствие снижает интенсивность потока хладагента и, следовательно, отвод тепла уменьшается.

В связи с тем что хладагент и воздух не смешиваются, давление воздуха суммируется с нормальным давлением нагнетания, в результате чего давление в конденсаторе выше нормального уровня.

До замены компрессора механик должен отключить всасывающий трубопровод и отвакуумировать систему до 140—70 кПа.

При недостаточном количестве масла в системе может появиться признак неисправности компрессора, так как масляная пленка между деталями обеспечивает лучшее уплотнение и сжатие.

Если в системе недостаточное количество хладагента, то необходимо обнаружить и ликвидировать его утечку.

Жидкостный теческатель — единственный тип прибора, который может быть успешно использован при работе с оборудованием, имеющим теплоизоляцию из пенополиуретана.

До зарядки системы хладагентом необходимо ее отвакуумировать с целью отвода остатка воздуха и хладагента, оставшегося от предыдущей зарядки.

Для предотвращения уноса масла из компрессора жидкий хладагент должен заряжаться в систему через сторону высокого давления.

Льдогенератор включается тогда, когда температура в испарителе опускается до -18°C .

При работе с оборудованием используют два вида электромонтажных схем: поузловую и принципиальную.

Электромонтажную схему правильнее всего изучать по отдельным цепям.

Комнатные кондиционеры работают при температуре кипения хладагента в испарителе выше точки замерзания воды.

В кондиционере имеются две основные системы: холодильная система и система циркуляции воздуха.

Вентилятор обдува конденсатора имеет отражательное кольцо по периферии лопастей, которое подхватывает конденсат из поддона испарителя и разбрызгивает его на поверхности конденсатора, что повышает производительность агрегата.

В большинстве случаев работа кондиционера короткими циклами является результатом того, что охлажденный воздух, нагнетаемый через воздухораспределительную решетку, отражается о препятствие и снова всасывается вентилятором.

Обмерзание испарителя обычно происходит при недостаточном потоке воздуха через него.

Если компрессор работает при очень низкой температуре окружающего воздуха, то может иметь место перегрев и даже сгорание двигателя компрессора из-за недостаточного потока хладагента для охлаждения обмоток электродвигателя.

Низкое напряжение является распространенной причиной неполадок в работе комнатного кондиционера.

Неработающий компрессор должен быть отсоединен от электрической цепи и проверен до принятия решения о его замене.

Если вентиляторы конденсатора и испарителя не отцентрированы относительно своих кожухов, может иметь место снижение интенсивности потока воздуха.

Контрольные вопросы

1. Что такое теплоизоляция?
2. Назовите плотность пенопласта.
3. Требуется ли паронизоляция при использовании пенополиуретана?

4. Какое уплотнение двери используют в современных холодильниках и морозильниках?
5. Где устанавливают полосовой нагреватель в домашнем холодильнике?
6. Назначение облицовочных накладок.
7. Назначение полосового нагревателя.
8. Почему полки в домашнем холодильнике должны быть открытого решетчатого типа?
9. При какой температуре окружающей среды может работать домашний холодильник?
10. Что означает легкий булькающий звук при открытии двери?
11. Сколько проходит времени после включения домашнего холодильника в сеть до начала понижения температуры?
12. Что такое охлаждение?
13. В чем заключается процесс охлаждения в холодильной системе?
14. Назначение компрессора холодильной системы.
15. Почему необходимо повысить температуру пара хладагента?
16. Назначение конденсатора.
17. Назначение фильтра-осушителя.
18. Можно ли использовать спирт в холодильной системе?
19. Назначение капиллярной трубки.
20. Какое устройство применяют для направления потока воздуха в зону приготовления льда?
21. Назначение системы оттаивания.
22. Назначение ограничителя времени оттаивания.
23. Как сливается талая вода?
24. Какой прибор ограничивает время работы холодильного агрегата?
25. В каких узлах домашнего холодильника более вероятно наличие неполадок?
26. Назовите диапазон температур в плюсовом отделении.
27. На каком напряжении работает большинство компрессоров домашних холодильников?
28. Влияет ли температура окружающей среды на потребляемую компрессором мощность?
29. Что можно использовать для выявления неполадок в компрессоре или в каком-либо другом узле агрегата?
30. Почему недопустима длительная подача электроэнергии к пусковой обмотке?
31. По каким признакам можно определить выход конденсатора из строя?
32. Когда устанавливают манометры в холодильной системе?
33. Назовите наиболее распространенную причину нарушения герметичности системы.
34. Что является причиной высокой температуры конденсации?
35. Назовите признаки избыточной зарядки системы хладагентом.
36. Что означает шипящий звук в испарителе?
37. Является ли низкая потребляемая мощность признаком недозарядки системы хладагентом?
38. Как можно обнаружить местное сопротивление в системе?
39. На что влияет воздух попавший в систему?
40. Назовите величину вакуума, создаваемую компрессором.
41. Является ли недостаточное количество масла признаком неисправности компрессора?
42. Почему нельзя пробивать пеноизоляцию при испытании системы на утечку?
43. Почему необходимо вакуумировать систему?
44. Что нужно сделать перед повторной зарядкой системы хладагентом?
45. Когда начинает работать льдогенератор?
46. Как нужно изучать электромонтажную схему?
47. При какой температуре испарителя работает комнатный кондиционер?
48. Назовите две основные системы в комнатных кондиционерах.

49. Назначение отражательного кольца на периферии лопастей вентилятора конденсатора.

50. Назовите причину работы кондиционера короткими циклами.

Глава 12. Торговое холодильное оборудование

Торговое холодильное оборудование — это оборудование, которое используют в торговой сети для сохранения скоропортящихся продуктов. В торговом холодильном оборудовании компрессоры обычно снабжены двигателями с высоким пусковым моментом. Заполнение испарителя хладагентом регулируется посредством ТРВ. В торговом холодильном оборудовании с малыми агрегатами в качестве регуляторов потока хладагента иногда применяют капиллярные трубки.

Требования к торговому холодильному оборудованию

Магазин крайне заинтересован в уменьшении расходов на эксплуатацию и обслуживание холодильного оборудования. Обслуживание высококачественной торговой холодильной установки должно быть экономичным. Эксплуатационные расходы правильно сконструированного и смонтированного холодильного оборудования невелики. При этом значительно улучшаются условия хранения продуктов. Очевидно, необходимо возможно точнее определить требования, предъявляемые к торговому оборудованию. Холодильный агрегат должен иметь оптимальную производительность. Если производительность холодильного агрегата слишком велика, то эксплуатационные расходы возрастают. В случае слишком низкой производительности агрегат будет работать в режиме перегрузки, частого пуска и с повышенным износом. Хорошо разработанное с инженерной точки зрения и правильно смонтированное холодильное оборудование стоит меньше, чем плохо разработанное и смонтированное оборудование.

Несмотря на большое разнообразие возможностей использования торгового холодильного оборудования, принципы эксплуатации его те же, что и бытового холодильного оборудования. Удовлетворительная работа торгового холодильного оборудования зависит от следующих условий:

- соответствие производительности данной тепловой нагрузке;
- правильный монтаж оборудования;
- соответствующая толщина слоя изоляции во всех элементах оборудования, где необходимо уменьшить приток тепла;
- конструкция и расположение испарителя и воздухораспределительных решеток (если последние имеются);
- размер отверстий и расположения каналов подачи теплого и холодного воздуха, определяющие эффективность холодильного агрегата в некоторых больших шкафах;

конструкция внутренней части шкафа должна обеспечивать свободную и быструю циркуляцию воздуха через отделение для хранения продуктов и испаритель для эффективной передачи тепла от продуктов.

Малые холодильные камеры

Малые холодильные камеры имеют емкость более 2,8 м³. Такие камеры обычно используют на рынках, в ресторанах, продуктовых магазинах и др.

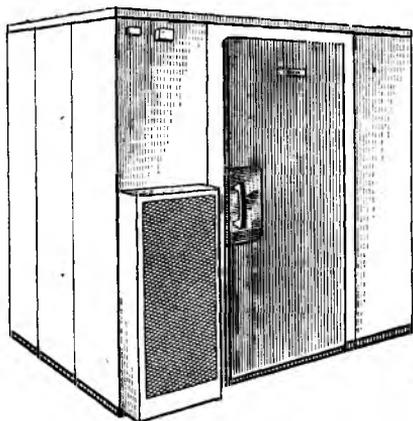


Рис. 262. Малая сборная холодильная камера.

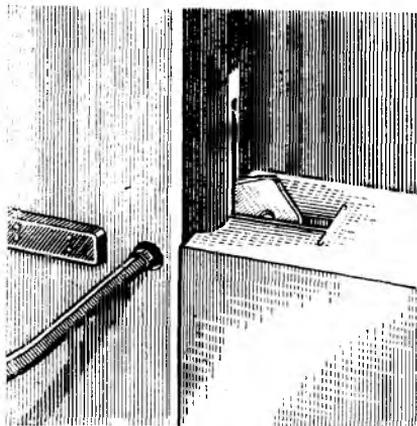


Рис. 263. Изоляция стен камер.

Малые холодильные камеры собирают из металлических секций, их можно расширить, добавляя отдельные секции (рис. 262). Наружная и внутренняя поверхности камеры, за исключением пола, металлические.

Малые камеры могут иметь стеклянные двери, выполняющие функции витрины самообслуживания. Такие камеры представляют собой оборудование для хранения и продажи продуктов, в результате чего экономятся трудозатраты на перемещение продуктов из камеры в другое торговое оборудование, например витрины. Малые камеры могут иметь автономную систему охлаждения или работать от централизованного компрессорно-конденсаторного агрегата.

Теплоизоляция. Удовлетворительный коэффициент теплопередачи ограждений камеры обеспечивается посредством использования пеноизоляции. Пенополиуретан накачивают под давлением в форму, которая удерживает внутренние и наружные стенки секции. При расширении и затвердевании пенополиуре-

тан скрепляет между собой наружные и внутренние стальные стенки (рис. 263). В результате образуется исключительно прочная и твердая стенка, которая имеет небольшую толщину и малую массу. Эта стенка характеризуется огнестойкостью и водонепроницаемостью. Она удерживает холод более длительное время, и поэтому требуется меньшая производительность компрессора для поддержания соответствующего уровня температуры по сравнению с ранее использовавшейся стекловолоконистой изоляцией. Влага, попадающая в изоляцию, не приводит к гниению, росту плесени или ее усадке.

Двери. Двери с пеноизоляцией несколько громоздки на вид, но имеют небольшую массу. Они автоматически закрываются с помощью кулачковых петель. Магнитная виниловая прокладка обеспечивает хорошую герметизацию от тепловых притоков. Если используют магнитные прокладки, то нет необходимости оборудовать камеру внутренним предохранительным затвором.

Малая холодильная камера обычно снабжена внутренней системой освещения. Снаружи камеры монтируется сигнальная лампочка.

Холодильные шкафы

Торговые холодильные шкафы классифицируются в зависимости от их размера и конструкции, а также от назначения. Размер и конструкция шкафа, который наилучшим образом удовлетворяет требованиям, зависит от вида и количества скоропортящихся продуктов, которые необходимо сохранить. В связи с этим созданы торговые холодильные шкафы, различающиеся формами, размерами и техническими характеристиками.

Корпус и обшивку изготавливают из металла, однако она может быть сделана также из пластмассы. Обшивку шкафа легко чистить. В качестве теплоизоляции обычно применяют полистирол, который укладывают брусками. В последних моделях шкафов широко используют полиуретан, который вспенивается между внутренней и внешней обшивками.

Холодильный агрегат обеспечивает охлаждение в наиболее тяжелых условиях эксплуатации. Для предотвращения конденсации влаги вокруг дверей установлены электрические нагреватели, например полосовые, которые используют в домашних холодильниках.

Торговые холодильные шкафы работают от встроенного или дистанционно установленного компрессорно-конденсаторного агрегата обычно с воздушным конденсатором, так как его можно эксплуатировать при низких температурах окружающей среды. Компрессорно-конденсаторный агрегат может обслуживать несколько торговых шкафов одновременно.

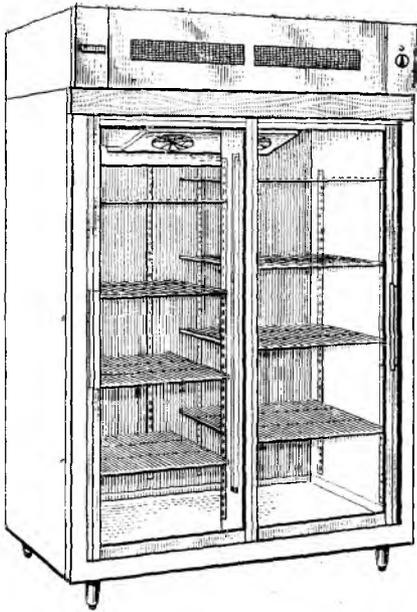


Рис. 264. Холодильный шкаф.

Холодильные шкафы обычно имеют емкость от 0,56 до 2,83 м³ с одной или несколькими дверями (рис. 264). При необходимости применяют стеклянные двери, которые позволяют осуществлять демонстрацию продуктов.

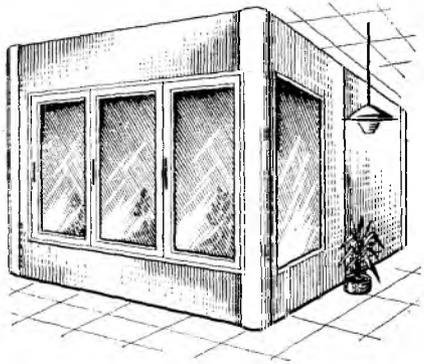


Рис. 265. Холодильный шкаф для цветов.

Воздухоохладитель монтируют около потолка или у задней стенки шкафа. Продукты в шкафу размещают таким образом, чтобы не было низких препятствий для циркуляции воздуха к воздухоохладителю и от него. Холодильный шкаф со встроенным агрегатом имеет автономную конструкцию, и нужно только присоединить его к электрической сети и линии спуска талой воды.

Холодильные шкафы предназначены для хранения напитков в бутылках, молочных и других скоропортящихся продуктов, а также теста. Диапазон температур в этих шкафах такой же, как и в домашних холодильниках, т. е. 0—4 °С.

Специальные холодильные шкафы выпускают для цветов (рис. 265). Они бывают различных размеров, конструкций и имеют неодинаковое внутреннее устройство. Эти шкафы используют для демонстрации товара и поэтому их конструируют со стеклянными дверями, а часто и со стеклянными боковыми стенками. Остекление шкафа должно быть как минимум двойное, а обычно тройное, в особенности при низкотемпературном хранении цветов. В качестве приборов охлаждения применяют воздухоохладители или обычные испарители. В шкафах для хранения цветов размещают наверху для того, чтобы его емкость можно было максимально использовать для демонстрации товара.

В шкафу поддерживается температура в пределах от 8 до 12°С, а влажность — на возможно более высоком уровне, чтобы предотвратить испарение влаги из цветов. Это осуществляют с помощью испарителя, имеющего большую площадь поверхности охлаждения.

Прилавки-витрины

В магазинах кроме малых холодильных камер и холодильных шкафов обычно имеется несколько охлаждаемых прилавков-витрин различных размеров и конструкций. Прилавки-витрины предназначены для

хранения и демонстрации мясных, молочных и других продуктов.

Такое торговое оборудование, как прилавки-витрины с верхним проемом, с остеклением сверху донизу, с двумя отделениями для хранения и демонстрации продуктов, а также многоярусные конструкции, удобно для продажи и демонстрации самых различных продовольственных товаров.

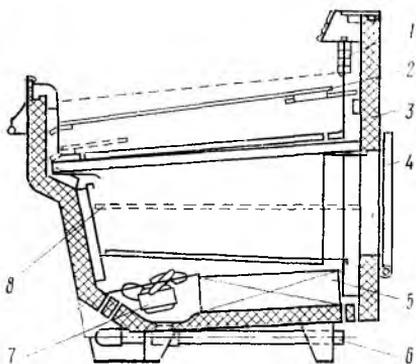


Рис. 266. Прилавок-витрина с двумя отделениями для хранения и демонстрации продуктов:

1 — решетка для нагнетания холодного воздуха; 2 — полка витрины; 3 — теплоизоляция; 4 — дверь прилавка; 5 — испаритель; 6 — труба слива талой воды; 7 — вентилятор; 8 — полка прилавка.

хранения, причем оба отделения охлаждаемые (рис. 266). Испаритель смонтирован в низу прилавка, а вентилятор обеспечивает циркуляцию воздуха в объеме прилавка для соответствующего охлаждения сохраняемых продуктов.

Открытый среднетемпературный прилавок-витрина для самообслуживания. Открытый прилавок-витрина является последним достижением в области торгового холодильного оборудования. Продукты, демонстрируемые в этом виде оборудования, охлаждаются потоком холодного воздуха и хранятся под его нижним слоем. Продукты обычно упакованы в чистый прозрачный материал, например целлофан, который защищает их от пыли и микроорганизмов, содержащихся в воздухе, а также от возможности их загрязнения покупателями. Открытый прилавок-витрина в отличие от закрытого, имеющего двери или крышки, требует большей холодопроизводительности агрегата для компенсации более высоких потерь холодного воздуха.

Например, закрытый прилавок-витрина длиной 1,8 м удовлетворительно охлаждается компрессорно-конденсаторным агрегатом производительностью 186 Вт с соответствующим испарителем, а для открытого прилавка-витрины длиной 1,8 м требуется агрегат производительностью 372 Вт с соответствующим испарителем. Несмотря на то что холодный воздух тяжелее теплого и, следовательно, он должен удерживаться внутри прилавка, потери настолько велики, что холодопроизводительность агрегата должна быть в два раза больше. Холодный воздух постоянно циркулирует через испаритель и над сохраняемыми продуктами. Верхний слой холодного воздуха контактирует с теплым воздухом над прилавком, частично нагревается, постепенно поднимается вверх и смешивается с окружающим воздухом. Его место занимает теплый воздух, поступающий снаружи. Теплый воздух содержит влагу. Поэтому необходимо не только охладить теплый воздух до температуры в прилавке, но и конденсировать влагу из воздуха. Для образования 1 л конденсата затрачивается приблизительно 1800 кДж тепла, и этот процесс повторяется непрерывно. Конденсат сливается из прилавка по спускной трубе.

Даже в том случае, когда движение воздуха незначительное, теплый влажный воздух, поступающий извне, будет смешиваться с холодным сухим воздухом, находящимся в прилавке, и воздействовать тем самым на расход холода, требуемого для охлаждения воздуха и конденсации влаги. Покупатели, достающие продукты из прилавка-витрины, также создают движение воздуха и перемешивают холодный и теплый воздух. Крайне важно поэтому располагать прилавки-витрины возможно дальше от внешних устройств для циркуляции воздуха, например от вентиляторов, а также входных дверей, которые могут создавать потоки воздуха около холодильного торгового оборудования. Не следует размещать прилавки-витрины вблизи систем отопления, воздухонагревателей и других подобных устройств.

В современных прилавках-витринах испаритель обычно располагают в низу прилавка (рис. 267). Вентилятор используют для циркуляции воздуха через испаритель и в прилавке. Этот прилавок-витрина имеет дополнительную надстройку с зеркалами, которая улучшает демонстрацию продуктов.

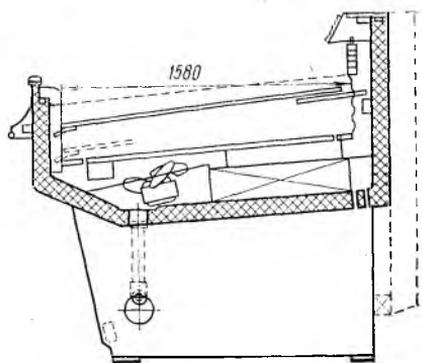


Рис. 267. Открытый прилавок-витрина для мясных продуктов.

Открытый низкотемпературный прилавок-витрина. При торговле замороженными продуктами и мороженым в упаковке их выкладывают и демонстрируют в открытых низкотемпературных прилавках-витринах (рис. 268), что облегчает к ним доступ. Однако требуемая температура (-18°C и ниже) создает дополнительные трудности при эксплуатации данного оборудования. Разность между температурами воздуха в помещении и холодного воздуха в витрине значительна, в результате чего возрастает количество тепла, отводимого из витрины. Низкая температура воздуха в витрине является причиной значительной инфильтрации увлажненного воздуха и повышения тепловой нагрузки, что в свою очередь обуславливает необходимость

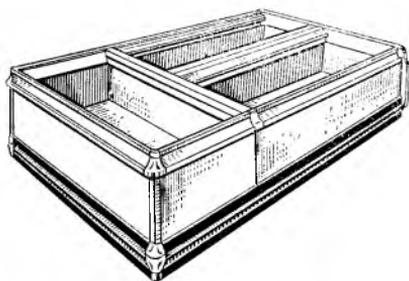


Рис. 268. Открытая витрина для замороженных продуктов и мороженого.

увеличения производительности компрессорно-конденсаторного агрегата. Поэтому для открытого низкотемпературного прилавка-витрины длиной 1,8 м потребуется холодильный агрегат производительностью приблизительно 900 Вт.

Некоторые открытые низкотемпературные прилавки-витрины оборудованы вертикальными плиточными испарителями, которые расположены на расстоянии 0,3 м друг от друга по всей длине прилавка. Упакованные продукты размещают для хранения между плиточными испарителями.

Во всех прилавках этого типа имеются уровни, выше которых хранить продукты нежелательно. Некоторые заводы-изготовители монтируют специальные устройства для циркуляции холодного воздуха над плиточными испарителями, создавая тем самым возможность загружать прилавки продуктами до верхнего края плит. Циркуляция воздуха осуществляется посредством вентилятора дополнительного ребристого испарителя, встраиваемого в надстройку прилавка, или дополнительного плиточного испарителя, который монтируют вдоль верхнего края охлаждающих плит.

Независимо от способа охлаждения слой холодного воздуха толщиной, по крайней мере, 50 или 76 мм должен отделять замороженные продукты от теплого влажного окружающего воздуха (рис. 269).

Эксплуатационные характеристики открытых прилавков-витрин для самообслуживания. Эксплуатационные характеристики открытых охлаждаемых прилавков-витрин для самообслуживания отличаются от эксплуатационных характеристик прилавков-витрин закрытого типа. Особое внимание должно

быть уделено соответствующей настройке системы регулирования, а также другим факторам, которые следует учитывать для обеспечения нормальной работы прилавка-витрины. При монтаже и обслуживании такого оборудования необходимо следовать трем главным принципам:

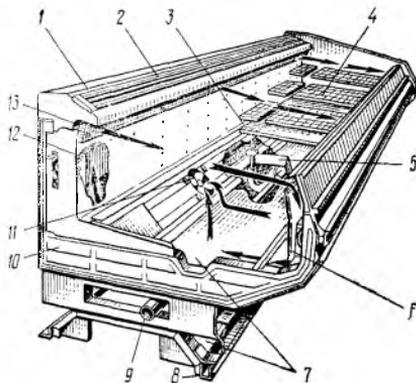
испаритель должен быть полностью заполнен хладагентом;

агрегат должен работать с переменной продолжительностью циклов. Для обеспечения низкой температуры требуются более длительные циклы работы;

для обеспечения оптимальной работы оборудования испаритель должен полностью оттаивать.

Рис. 269. Устройство открытого прилавка:

1 — задняя полка; 2 — декоративная накладка; 3 — поддоны; 4 — полки из жесткой стальной проволоки; 5 — стальная конструкция с пенополиуретановой изоляцией; 6 — быстродействующие затворы; 7 — места для расположения трубопроводов хладагента внутри и вне охлаждаемой зоны; 8 — опорный профиль; 9 — спускные линии талой воды, проложенные от одного прилавка к другому; 10 — армированная торцевая рама из стекловолокна для дополнительной жесткости и максимальной стойкости к термическому разрушению; 11 — вентилятор; 12 — испаритель; 13 — нагнетательная решетка.



Хорошим способом определения полного или неполного заполнения испарителя хладагентом является обследование участков трубопровода от терморегулирующего вентиля до испарителя и всасывающего трубопровода у испарителя. Оба трубопровода должны иметь одинаковое питание хладагентом и быть полностью обмерзшими.

Признаком нормального заполнения испарителя хладагентом является периодическое обмерзание всасывающего трубопровода за пределами прилавка, несмотря на то, что уставка перегрева терморегулирующего вентиля может быть высокой. Колебания в работе терморегулирующего вентиля способствуют охлаждению и обмерзанию всасывающего трубопровода за термобаллоном и вне прилавка. В результате колебаний в системе автоматического регулирования испаритель затапливается, а затем не полностью заполняется хладагентом. Однако во время большей части рабочего цикла всасывающий трубопровод мало покрыт инеем по сравнению с испарителем или совсем не покрыт им.

Хорошую работу испарителя характеризует приблизительно одинаковое обмерзание всасывающего трубопровода и трубы, соединяющей терморегулирующий вентиль с испарителем во время рабочей части цикла.

При полностью заполненном испарителе всасывающий трубопровод вне прилавка в дни с повышенной влажностью воздуха покрывается конденсатом и обмерзает. Для предотвращения этого необходимо смонтировать теплообменник внутри прилавка, в котором поддерживается температура ниже 4°C .

Необходимо помнить второй принцип, который касается циклов работы. Для поддержания требуемой температуры компрессорно-конденсаторный агрегат в нормальных условиях должен работать в течение 40 мин и более.

В открытых прилавках-витринах испарители должны полностью оттаиваться. При демонстрации предварительно упакованных мясных продуктов в открытом прилавке-витрине требуется температура $-2 \div +2^{\circ}\text{C}$.

Для обеспечения устойчивой и низкой температуры холодильная установка, работающая на R12, должна эксплуатироваться с уставкой выключения при давлении в испарителе 28—42 кПа и уставкой включения — 183—196 кПа.

В холодильных установках широко распространен способ оттаивания испарителя с использованием реле времени. Поэтому в течение суток не образуется иней на испарителе, и эффективность агрегата при таких рабочих давлениях не снижается. В такой системе оттаивания электрическое реле времени включено в цепь управления.

Способы передачи тепла

В торговом холодильном оборудовании используют четыре способа передачи тепла:

непосредственное контактное охлаждение, когда испарители расположены на потолке или стенах, в результате чего происходит непосредственное охлаждение воздуха. Здесь имеет место естественная циркуляция воздуха;

охлаждение с промежуточным холодоносителем, когда используется бак с рассолом, расположенный под потолком или на стенах;

комбинированный способ охлаждения, когда одна половина испарителя открыта окружающему воздуху, а другая погружена в бак. Таким образом, за счет большой теплоемкости рассола колебания температуры снижаются до минимума;

охлаждение с принудительным движением воздуха, обдувающего испаритель.

Холодильный цикл

Холодильный цикл в торговом оборудовании в основном подобен холодильному циклу в домашнем холодильном оборудовании. Основная разница заключается в типе применяемых регулирующих приборов. Выбор регулятора зависит от конструкции системы и требований к ней. Величины давления хладагента также различны и обусловлены типом системы.

Необходимо проявлять исключительную осторожность для предотвращения попадания влаги в низкотемпературную систему. Влага замерзает в регуляторе потока хладагента, что приводит к частичному снижению холодопроизводительности, которая зависит от величины замерзания. Замерзание влаги в регуляторе потока хладагента может быть причиной полного прекращения производства холода.

Одноступенчатые низкотемпературные системы

При снижении требуемой температуры конструктивные параметры и эксплуатационные показатели одноступенчатых низкотемпературных систем становятся все более неудовлетворительными. Комбинация высоких степеней сжатия, низких рабочих температур и разреженного всасываемого газа может быть причиной недостаточной смазки и перегрева компрессора, в результате чего он в большей степени подвержен серьезным поломкам, чем из-за наличия влаги и различных загрязнений в холодильной системе.

Тип компрессора, температура всасываемого пара и назначение системы должны быть подобраны так, чтобы температура в нагнетательном трубопроводе на расстоянии 20—150 мм от нагнетательного вентиля не превышала 110 °С для хладагентов R12, R22 и R502. При этих условиях средняя температура в нагнетательном отверстии, измеренная на ограничителе подъема пластины клапана компрессора, будет равна приблизительно 154 °С для R12 и R502 и 160 °С для R22.

Следует определить объемную производительность компрессора, количество охлаждающего воздуха или воды, а также выбрать ограничители давления. Это необходимо для предотвращения повышения температуры обмотки двигателя компрессора более 99 °С, когда он защищен встроенными устройствами, на которые воздействуют сила тока, и температуры двигателя 88 °С, в том случае, если защита осуществляется пускателем двигателя.

Температуру двигателя компрессора определяют по сопротивлению, которое замеряют во время испытания двигателя в условиях максимальной предполагаемой температуры эксплуатации (90 % от номинального напряжения и температура всасываемого пара 32,2 °С). Для обеспечения более длительного срока службы двигателя рекомендуется, чтобы диапазон его максимальных рабочих температур был в пределах от 77 до 88 °С.

Для предотвращения повышения температуры нагнетаемого пара и температуры двигателя за указанные пределы желательно, а в некоторых случаях совершенно необходимо изолировать всасывающие трубопроводы. В результате всасываемый пар будет возвращаться в компрессор при температуре ниже

обычной. Это особенно важно при использовании компрессора с охлаждением электродвигателя всасываемым паром хладагента R22.

Когда необходимо поддерживать температуры ниже -18°C , большинство компрессоров с охлаждением электродвигателя всасываемым паром следует дополнительно охлаждать принудительным потоком воздуха.

Для предотвращения перегрузки двигателя компрессора при понижении температуры кипения необходимо, чтобы испаритель имел большую поверхность. Двигатель защищают от перегрузки после оттаивания испарителя, устанавливая ограничитель давления, например регулирующий вентиль перед компрессором.

Некоторые заводы-изготовители компрессоров рекомендуют во всех одноступенчатых низкотемпературных установках, в которых температура в испарителе должна быть -28°C или ниже, использовать R502. В настоящее время, когда R502 является доступным хладагентом, следует избегать применения R22 в одноступенчатых низкотемпературных компрессорах производительностью 3750 Вт и выше. Более низкие температуры нагнетания пара R502 обеспечивают более безотказную работу.

В картере компрессора постоянно должно находиться достаточное количество масла для непрерывной смазки всех частей. Если интенсивность потока масла в системе настолько мала, что невозможен быстрый возврат масла, то необходимо установить соответствующий маслоотделитель. Уровень масла должен поддерживаться несколько выше или на середине визуального указателя уровня масла в компрессоре. Необходимо предотвратить накапливание избыточного количества хладагента или масла в системе, так как это может привести к заливу компрессора и повреждению клапанов, поршней или цилиндров.

Трубопроводы хладагента должны быть сконструированы таким образом, чтобы предотвратить задержку в них масла. Рекомендуется поддерживать максимальную интенсивность потока хладагента в них без избыточного перепада давлений.

Следует проявлять осторожность и не допускать снижения температуры кипения ниже нормальной, так как интенсивность потока хладагента станет недостаточной для возврата масла в компрессор. Уставка выключения реле низкого давления должна быть не ниже величины, соответствующей минимальной производительности компрессора.

В испарителях и конденсаторах необходимо использовать трубы возможно меньшего диаметра, чтобы зарядка хладагентом была минимальной. Когда большая зарядка хладагента неизбежна, низкое давление в картере регулируют посредством рециркуляции.

Когда компрессорно-конденсаторный агрегат с воздушным охлаждением конденсатора работает при низкой температуре

окружающей среды, используют какое-либо устройство регулирования давления нагнетания, чтобы предотвратить уменьшение давления конденсации до слишком малой величины и для поддержания требуемой интенсивности потока хладагента.

Фильтр-осушитель соответствующего размера устанавливают на жидкостном трубопроводе и желательнее в холодной зоне. Фильтр-осушитель почти полностью задерживает влагу и кислоту. Крайне важно, чтобы в фильтре-осушителе был хороший фильтр для предотвращения циркуляции посторонних частиц в системе. Рекомендуется устанавливать постоянный фильтр на стороне всасывания для защиты компрессора от загрязнений, которые могли попасть в систему во время монтажа.

После завершения монтажа систему тщательно вакуумируют насосом с манометровым коллектором, а затем осушают, удаляя весь воздух и влагу. Необходимо использовать метод тройного вакуумирования, нарушая каждый раз вакуум зарядкой сухого хладагента через осушитель. Пока включен вакуумный насос, двигатель компрессора не должен работать. В противном случае обмотки будут повреждены.

В систему через осушитель манометрового коллектора заряжают чистый сухой хладагент (рис. 270). Запрещается использование для осушки других веществ, например жидких осушителей или спирта.

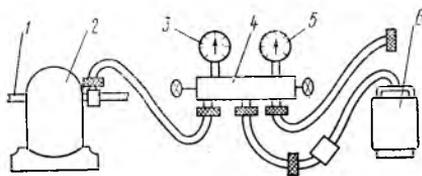


Рис. 270. Манометровый коллектор с осушителем:

1 — нагнетательный трубопровод; 2 — компрессор; 3 — мановакуумметр; 4 — коллектор; 5 — манометр; 6 — баллон с фреоном.

Двухступенчатые низкотемпературные системы

В связи с особенностями конструкции и технических характеристик двухступенчатые системы более эффективны и более просты в эксплуатации при работе на низких температурах, чем одноступенчатые системы. Двухступенчатые холодильные системы несколько более сложные, чем одноступенчатые.

При диапазоне температур кипения $-29 \div -62^\circ\text{C}$ двухступенчатый компрессор имеет высокую эффективность и низкую температуру нагнетания хладагента. Опыт соответствующей эксплуатации двухступенчатых компрессоров показал отличные результаты. Однако двухступенчатый компрессор имеет некоторые недостатки. Когда температура в испарителе ниже -62°C , эффективность компрессора понижается. Более серьезной становится проблема перегрева двигателя компрессора. При температуре в испарителе ниже -62°C рекомендуется применять каскадную систему.

Коэффициент подачи. При анализе работы двухступенчатых систем важное значение имеют степень сжатия, абсолютное давление в системе и коэффициент подачи.

Степень сжатия — это отношение абсолютного давления нагнетания к абсолютному давлению всасывания.

Абсолютное давление — это манометрическое давление плюс атмосферное давление, которое на уровне моря равно 101 кПа.

Коэффициент подачи определяется как отношение действительного объема пара хладагента, перекачиваемого компрессором, к объему, описываемому поршнями компрессора за один ход.

На рис. 271 показана стандартная кривая коэффициента подачи одноступенчатого компрессора. На графике видно, что с увеличением степени сжатия уменьшается коэффициент подачи.

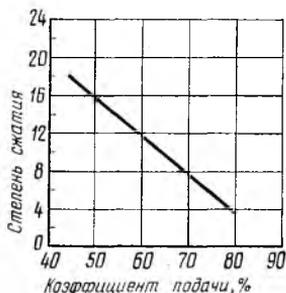


Рис. 271. Стандартная кривая коэффициента подачи одноступенчатого компрессора.

Снижение коэффициента подачи с увеличением степени сжатия определяют два фактора.

1. Плотность газа, остающегося в мертвом пространстве цилиндра после завершения хода сжатия, зависит от давления нагнетания. Чем выше давление нагнетания, тем выше плотность остаточного газа. В связи с тем что этот газ не выходит из цилиндра после окончания хода сжатия, он снова расширяется во время хода всасывания, препятствуя тем самым всасыванию в цилиндр полного объема пара из всасывающего трубопровода. По мере увеличения степени сжатия

все большее пространство в цилиндре заполняется остаточным газом во время хода всасывания.

2. По мере роста степени сжатия теплота сжатия увеличивается, в результате чего сильно нагреваются цилиндры и крышка компрессора.

Пар, который поступает в цилиндр во время хода всасывания, нагревается стенками цилиндра, расширяется, и в компрессор поступает меньшее по массе количество пара.

Таким образом по мере роста степени сжатия определенные недостатки одноступенчатого компрессора проявляются сильнее.

Нижний предел работы даже наиболее эффективной одноступенчатой системы приблизительно равен температуре кипения хладагента — 40°C. При более низких температурах кипения степень сжатия становится настолько высокой, что производительность компрессора быстро понижается. Компрессор не будет отсасывать достаточное по массе количество пара хладагента из испарителя для охлаждения двигателя. В связи с по-

нижением плотности пара масло не будет нормально циркулировать в системе.

Двухступенчатое сжатие и КПД компрессора. В целях повышения эксплуатационного КПД компрессора при низких температурах кипения можно осуществлять сжатие хладагента в двух ступенях. При двухступенчатой работе компрессора суммарная степень сжатия является произведением степени сжатия каждой ступени. Другими словами, для обеспечения суммарной степени сжатия, равной 16, степень сжатия каждой ступени может быть 4. Степени сжатия, равные 4 и 5 в отдельных ступенях, в результате равны суммарной степени сжатия 20.

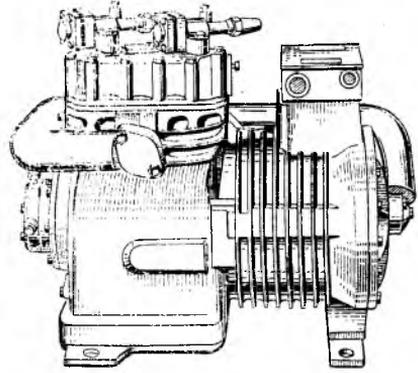
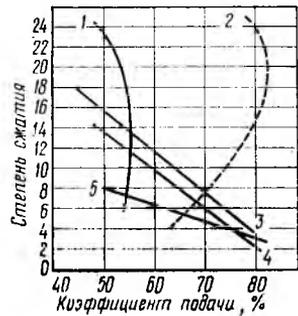


Рис. 272. Трехцилиндровый двухступенчатый компрессор.

Двухступенчатое сжатие может быть осуществлено посредством двух компрессоров, когда сторона нагнетания одного компрессора присоединена к стороне всасывания другого. Однако в связи с трудностями, связанными с поддержанием требуемого уровня масла в двух картерах, более целесообразно использовать один многоцилиндровый компрессор. Бóльший объем цилиндров ступени низкого давления необходим из-за разности удель-

Рис. 273. Кривые коэффициента подачи компрессоров:

1 — сравнительная кривая двухступенчатого компрессора (коэффициент подачи основан на одном рабочем объеме цилиндров для сравнения с кривыми одноступенчатого компрессора); 2 — кривая двухступенчатого компрессора с переохладителем жидкости; 3 — кривая низкотемпературного компрессора; 4 — кривая компрессора многоцелевого назначения; 5 — кривая компрессора установки кондиционирования воздуха



ного объема пара хладагента при низком и промежуточном давлениях. Степени сжатия двух ступеней редко бывают совершенно равными, однако они должны быть приблизительно равны. Двухступенчатый компрессор имеет внешне трубопроводы и регулирующий вентиль (рис. 272).

Для определения производительности компрессоров коэффициенты подачи изображают в виде кривых. Кривые 3, 4 и 5 на рис. 273 являются типовыми кривыми одноступенчатого компрессора. Кривая 5 характеризует компрессор установки

кондиционирования воздуха, кривая 4 — компрессор многоцелевого назначения, а кривая 3 — низкотемпературный компрессор. В конструкциях этих компрессоров имеются некоторые различия, но основное отличие заключается в размере мертвого объема.

Две вертикальные кривые показывают сравнительную эффективность двухступенчатого компрессора. В действительности прямолинейная характеристика каждой отдельной ступени позволяет сравнивать их с кривыми, характеризующими одноступенчатый компрессор. Общий коэффициент подачи рассчитывают на основе общего объема цилиндров компрессора, а не только цилиндра низкой ступени.

Кривая 1 показывает эффективность двухступенчатого компрессора без переохладителя жидкости. Необходимо обратить внимание на то, что эффективность относительно постоянна в широком диапазоне общих степеней сжатия и совпадение эффективности двухступенчатого компрессора с эффективностью одноступенчатого имеет место при степени сжатия, равной приблизительно 13. Другими словами, при степени сжатия ниже 13 одноступенчатый компрессор характеризуется более высокой производительностью, чем двухступенчатый компрессор с таким же рабочим объемом цилиндров и без переохладителя жидкости.

Кривая 2 показывает эффективность этого же двухступенчатого компрессора с переохладителем жидкости. Жидкий хладагент, подаваемый в испаритель, сначала переохлаждается в переохладителе жидким агентом, поступающим через регулирующий вентиль промежуточной ступени, причем более значительная часть тепловой нагрузки передается цилиндрам компрессора ступени высокого давления. В связи с тем что компрессор ступени высокого давления работает при большем давлении всасывания, его холодопроизводительность на 1 м³ объема цилиндров значительно выше, чем у компрессора ступени низкого давления. Необходимо обратить внимание на то, что при наличии переохладителя жидкости точка совпадения величин эффективности двухступенчатого компрессора с одноступенчатым приходится приблизительно на величину степени сжатия, равную 7. Другими словами, при степени сжатия ниже 7 одноступенчатый компрессор характеризуется более высокой производительностью, чем двухступенчатый при равном объеме цилиндров. При степени сжатия выше 7 двухступенчатый компрессор имеет более высокую производительность.

В табл. 16 приведены сравнительные эксплуатационные данные компрессора фирмы «Копеланд», выпускаемого в одноступенчатой и двухступенчатой модификациях, работающего при различных температурах кипения. Несмотря на то что рабочий объем цилиндров, хладагент и двигатель одинаковы, совер-

Таблица 16. Эффективность одноступенчатых и двухступенчатых компрессоров¹

Показатели	Температура кипения, °С		
	—34,4	—40	—45,6
Температура конденсации, °С	49,8	48,9	48,9
Давление конденсации, МПа			
манометрическое	1,94	1,94	1,94
абсолютное	2,04	2,04	2,04
Давление кипения, МПа			
манометрическое	0,066	0,032	0,003
абсолютное	0,166	0,132	0,103
<i>Одноступенчатый компрессор</i>			
Степень сжатия	12,5	15,6	20
Производительность, кВт	16,8	9,4	6,8
<i>Двухступенчатый компрессор с переохладителем</i>			
Степень сжатия			
ступень низкого давления	3,74	3,68	4,05
» высокого давления	3,26	4,23	4,95
Производительность, кВт	18	14,7	11,3
Увеличение производительности двухступенчатого компрессора по сравнению с одноступенчатым, %	32	56	67

¹ Цилиндры компрессоров имеют одинаковый рабочий объем.

шенно очевидны преимущества двухступенчатого компрессора при снижении температуры кипения.

Перегрев компрессора при избыточной степени сжатия. Нежелательно использовать одноступенчатые компрессоры при очень низких температурах кипения хладагента не только из-за низкого коэффициента подачи, но и из-за исключительно высокой температуры нагнетания, возникающей при работе с ненормально большими степенями сжатия. Пластина клапана может быть разрушена в результате образования нагара из-за разложения масла под действием избыточного тепла. Чрезмерно высокая температура цилиндра может быть причиной быстрого износа поршней и цилиндров, появления задиров в цилиндре и быстрого выхода компрессора из строя. По-

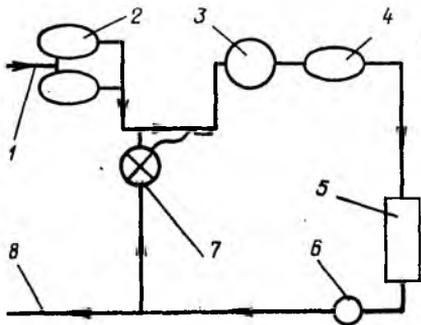


Рис. 274. Схема двухступенчатой установки:

1 — всасывающий трубопровод; 2 — четыре цилиндра ступени низкого давления; 3 — двигатель; 4 — два цилиндра ступени высокого давления; 5 — конденсатор; 6 — ресивер; 7 — регулирующий вентиль; 8 — жидкостный трубопровод.

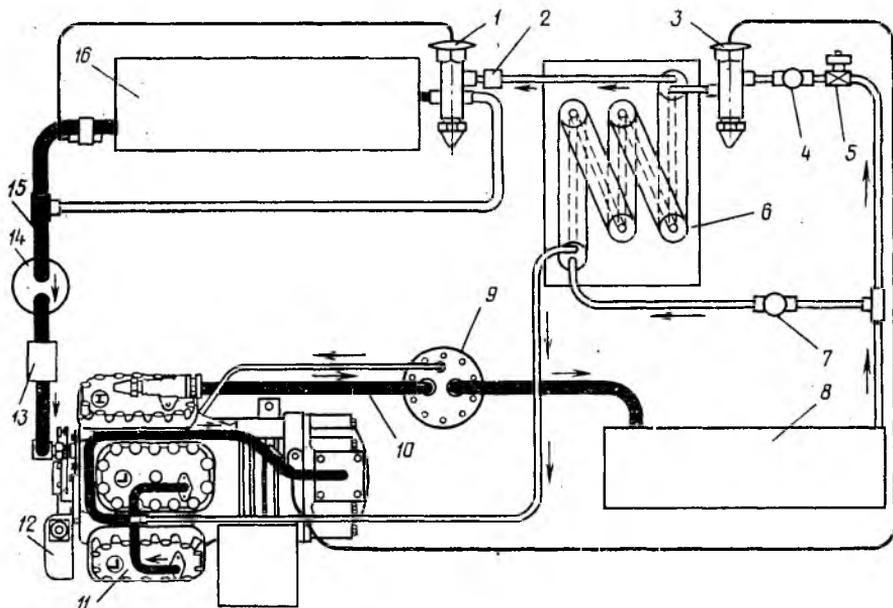


Рис. 275. Установка с шестицилиндровым двухступенчатым компрессором: 1, 3 — терморегулирующие вентили; 2 — фильтр-осушитель на жидкостном трубопроводе; 4, 7 — визуальные указатели протекания жидкого хладагента высокого давления; 5 — электромагнитный вентиль; 6 — переохладитель; 8 — конденсатор-ресивер в сборе; 9 — компрессор; 10 — нагнетательный трубопровод ступени высокого давления; 11 — маслоотделитель; 12 — реле контроля смазки; 13 — фильтр на всасывающем трубопроводе; 14 — отделитель жидкости на всасывающем трубопроводе; 15 — всасывающий трубопровод ступени низкого давления; 16 — испаритель.

Примечание. Сторона низкого давления обозначена буквой *L*, сторона высокого давления — буквой *H*.

вреждения такого типа нехарактерны для двухступенчатых компрессоров, так как промежуточный регулирующий вентиль поддерживает безопасную рабочую температуру.

Двухступенчатый компрессор. Схема потока хладагента в двухступенчатой установке отличается от схемы потока в одноступенчатой системе (рис. 274). Пар, поступающий из испарителя, всасывается в четыре цилиндра ступени низкого давления шестицилиндрового компрессора непосредственно из всасывающего трубопровода. В связи с тем что нагнетаемый из цилиндров первой ступени пар нагревается в процессе сжатия, он должен быть охлажден в регулирующем вентиле до поступления в двигатель компрессора. Охлажденный пар хладагента, находящийся теперь при промежуточном давлении, поступает в цилиндры ступени высокого давления, сжимается и нагнетается в конденсатор.

На рис. 275 дана схема установки с двухступенчатым компрессором.

Регулирующий клапан. Регулирующие клапаны, поставляемые в составе двухступенчатых компрессоров, относятся к типу ненастраиваемых регулирующих клапанов. В случае отказа их можно заменить стандартными клапанами с регулируемой величиной перегрева. В результате неправильного выбора клапана могут иметь место перегрев компрессора, а также поломка из-за неудовлетворительного регулирования потока хладагента.

Переохладитель жидкого хладагента. Двухступенчатые системы могут работать с переохладителями жидкости и без них. Переохладитель предназначен для охлаждения жидкого хладагента, подаваемого в испаритель. В нем температура жидкого хладагента понижается примерно на 6°C. Это осуществляется испарением хладагента при течении через регулирующий клапан. Значительная часть тепловой нагрузки передается цилиндрам ступени высокого давления. В связи с большей производительностью компрессора при высоком давлении всасывания производительность системы значительно увеличивается.

При выборе регулирующих клапанов для двухступенчатых систем с переохладителями жидкости следует иметь в виду, что регулирующий клапан значительно увеличивает производительность из-за низкой температуры хладагента, поступающего в клапан. Все это должно быть принято во внимание, так как применение регулирующего клапана слишком большого размера приводит к неустойчивой работе установки.

Зарядка холодильных систем торгового оборудования

Нормальная работа любой холодильной системы или системы кондиционирования воздуха в значительной мере зависит от правильной зарядки ее хладагентом. В недозаряженной системе испаритель недостаточно заполнен хладагентом, в результате чего давление всасывания очень низкое, уменьшается производительность и может иметь место перегрев двигателя компрессора. При избыточной зарядке может произойти затопление конденсатора и создается высокое давление нагнетания. Компрессор может быть поврежден в результате залива его жидким хладагентом. В большинстве холодильных систем допускаются определенные колебания в величине зарядки. Однако для нормальной эксплуатации некоторых малых систем величина зарядки хладагента должна быть дозированной.

Каждую холодильную систему можно рассматривать в отдельности. Системы, имеющие равную производительность, необходимо должны иметь одинаковую зарядку хладагентом. Поэтому сначала необходимо определить, какой хладагент требуется для данной системы. На заводской табличке всегда указываются наименование и количество хладагента.

Зарядка системы жидким хладагентом. При зарядке в систему жидкий хладагент поступает быстрее, чем парообразный. В связи с этим большие промышленные установки почти всегда заряжаются жидким хладагентом. Для зарядки жидкого хладагента требуются зарядный вентиль на жидкостном трубопроводе, специальное приспособление на стороне высокого давления системы или выпускной вентиль на ресивере со штуцером для зарядки. Для предотвращения проникновения влаги и загрязнений в систему рекомендуется заряжать жидкий агент через фильтр-осушитель. Запрещается заряжать жидкий хладагент через всасывающий или нагнетательный вентили, так как это может быть причиной повреждения клапанов компрессора.

Перед зарядкой всю холодильную систему тщательно вакуумируют. Баллон с хладагентом взвешивают и соединяют его с помощью зарядного трубопровода с зарядным вентилем. Если известна приблизительная масса требуемого для зарядки хладагента или величина зарядки должна быть ограниченной, баллон с хладагентом устанавливают на весах, для того чтобы можно было часто проверять количество оставшегося в баллоне хладагента.

Необходимо выпустить весь воздух из зарядного трубопровода, открыть вентиль на баллоне с хладагентом и зарядный вентиль. Под действием вакуума жидкость поступает через зарядный трубопровод в систему до момента уравнивания давления в ней с давлением в баллоне с хладагентом.

Затем закрывают выпускной вентиль ресивера и включают компрессор. Жидкий хладагент будет теперь течь из баллона через жидкостный трубопровод и накапливаться в конденсаторе и ресивере.

Для определения, достаточно ли заряжено хладагента, открывают выпускной вентиль ресивера, закрывают зарядный вентиль и наблюдают за работой системы. Зарядку продолжают до тех пор, пока в систему не будет введено требуемое количество хладагента. Затем снова взвешивают баллон с хладагентом и записывают, какое количество хладагента было заряжено в систему.

Необходимо внимательно следить за показаниями манометра. Быстрое повышение давления нагнетания указывает на процесс заполнения конденсатора жидким агентом. Если это происходит, немедленно перекрывают баллон и открывают выпускной вентиль ресивера.

В агрегате заводской сборки, содержащем компрессор со сварным кожухом, до зарядки создают глубокий вакуум в холодильной системе и затем подают соответствующее количество (по массе) хладагента на сторону высокого давления системы через специальный патрубок, который затем герметизируют и запаивают твердым припоем. Для зарядки таких систем на ме-

сте эксплуатации может возникнуть необходимость в установке специального патрубка или зарядного вентиля.

Зарядка парообразным хладагентом. Зарядку парообразным хладагентом обычно применяют в том случае, когда только небольшое количество (до 10 кг) его должно быть добавлено в систему. Зарядку парообразного хладагента можно проконтролировать с большей точностью, чем зарядку жидкого хладагента. Парообразный хладагент обычно заряжают в систему с помощью трубопровода, присоединенного к штуцеру всасывающего вентиля компрессора. Если вентиль не имеет штуцера, например, на компрессоре со сварным кожухом, может возникнуть необходимость в установке специального вентиля или патрубка на всасывающем трубопроводе.

Манометры присоединяют для контроля давлений всасывания и нагнетания. При добавлении хладагента в систему давление нагнетания постоянно контролируют для того, чтобы предотвратить избыточную зарядку и слишком быстрое поступление хладагента. Если давление нагнетания превышает нормальный уровень, то это означает, что или конденсатор заполняется жидкостью, или компрессор перегружен из-за слишком быстрого процесса зарядки. Трубопровод для зарядки позволяет осуществить дросселирование пара, поступающего из баллона. Баллон устанавливают на весах для контроля количества хладагента, заряжаемого в систему. Баллон с хладагентом должен находиться в вертикальном положении. Хладагент подают из него через паровой вентиль, чтобы в агрегат поступал только парообразный агент. В результате испарения части жидкого хладагента в баллоне охлаждается оставшаяся жидкость и давление в нем понижается. Для поддержания требуемого давления в баллоне и продолжения процесса зарядки баллон нагревают, помещая его в теплую воду, или посредством лампы. Запрещается нагревать баллон с помощью горелки.

Для того чтобы определить, достаточно ли заряжено хладагента, закрывают вентиль баллона и проверяют работу системы. Зарядку продолжают до тех пор, пока в систему не будет добавлено требуемое количество хладагента.

Во время процесса зарядки следят за давлением нагнетания, чтобы предотвратить избыточную зарядку.

Определение нормальной зарядки хладагента. Существует несколько способов определения зарядки системы достаточным количеством хладагента. Применяемый в том или ином случае способ зависит в значительной степени от конструкции системы и от выбора механика. Ниже дано описание этих способов.

Взвешивание. Наиболее точный процесс контроля заключается во взвешивании хладагента, заряжаемого в систему. Этот способ можно применять только в том случае, когда требуется осуществить полную зарядку системы и величина этой

зарядки известна. На агрегатированном оборудовании эти данные указаны на заводской табличке. Если доза зарядки небольшая, то при ремонте системы хладагент обычно выпускают в атмосферу. Когда ремонт закончен, систему заряжают.

Применение визуального указателя. Наиболее распространенный способ определения соответствующей зарядки хладагента заключается в использовании визуального указателя протекания жидкости (смотрового стекла) на жидкостном трубопроводе. В связи с тем что для нормальной работы регулирующего вентиля требуется определенное давление жидкого хладагента, система считается достаточно заряженной, когда в визуальном указателе виден прозрачный поток жидкого хладагента. Пузырьки или мгновенное испарение обычно указывают на недостаток хладагента. Необходимо помнить, что смотровое стекло будет прозрачным, если в нем имеется только пар, но нет жидкости. Механик, однако, должен знать, что иногда в смотровом стекле могут быть видны пузырьки в виде дроссельного газа даже тогда, когда система полностью заряжена. Какое-нибудь препятствие в жидкостном трубопроводе перед визуальным указателем может быть причиной образования перепада давлений, что вызывает испарение хладагента. Если подача через регулирующий вентиль неустойчивая или пульсирующая, то увеличенный поток в полностью открытом вентиле может привести к образованию перепада давлений, достаточного для мгновенного испарения хладагента на выходе из ресивера. Быстрые колебания давления конденсации также могут быть причиной мгновенного испарения агента. Например, в помещении с регулируемой температурой внезапное открытие жалюзи или цикличная работа вентилятора могут легко вызвать изменение температуры конденсации на 6—8°C. Жидкий хладагент в ресивере может в этом случае иметь более высокую температуру, чем температура насыщения, эквивалентная измененному давлению конденсации. Поэтому будет происходить испарение хладагента до тех пор, пока температура жидкости не станет снова ниже температуры насыщения.

Некоторые системы отличаются количеством хладагента, необходимого для работы при различных условиях эксплуатации. Например, выносной воздушный конденсатор при снижении температуры наружного воздуха частично затопливается для уменьшения эффективной площади поверхности. В этих условиях для нормальной работы системы, имеющей прозрачное смотровое стекло, может понадобиться удвоенное количество агента.

С помощью визуального указателя можно определять количество заряженного хладагента, однако при этом необходимо тщательно проанализировать работу системы до того, как воспользоваться им в качестве индикатора зарядки системы хладагентом.

Применение указателя уровня жидкости. В ресиверах многих систем могут быть отверстия для проверки уровня жидкости. Дозу зарядки определяют, добавляя хладагент до тех пор, пока жидкость не начнет вытекать при открытии указанного выше отверстия (рис. 276). Если зарядка недостаточна, из отверстия будет выходить только пар хладагента.

Ресиверы большого размера оборудуют поплавковым индикатором, который показывает уровень жидкого хладагента в ресивере почти так же, как указатель уровня бензина в баке автомобиля.

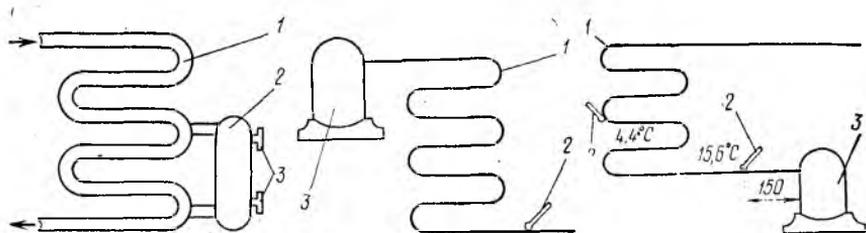


Рис. 276. Указатель уровня жидкости:
1 — конденсатор; 2 — указатель; 3 — смотровые глазки.

Рис. 277. Проверка переохлаждения жидкости:
1 — конденсатор; 2 — термометр; 3 — компрессор.

Рис. 278. Проверка перегрева:
1 — испаритель; 2 — термометры; 3 — компрессор.

Проверка переохлаждения жидкости. В малых установках, если нет другого способа проверки зарядки хладагента, можно применить способ, заключающийся в проверке переохлаждения жидкости на выходе из конденсатора. Когда агрегат работает в установившемся режиме, сравнивают температуру в жидкостном трубопроводе, выходящем из конденсатора, с температурой насыщения, эквивалентной давлению конденсации (рис. 277). Этот способ обеспечивает приблизительное сравнение температуры конденсации с температурой жидкости на выходе из конденсатора. Зарядку агрегата продолжают до тех пор, пока температура в жидкостном трубопроводе не будет на 3°C ниже температуры конденсации в условиях максимальной нагрузки. Такую технологию зарядки обычно применяют только в установках заводской сборки. Однако этот способ используют также для аварийной проверки работы установки.

Определение зарядки системы хладагентом посредством проверки перегрева. В малых автономных системах с капиллярной трубкой можно использовать величину рабочего перегрева для определения соответствующей зарядки системы хладагентом.

Если имеется специальный штуцер для определения давления всасывания, то можно рассчитать величину перегрева посредством определения разности между температурой во всасывающем трубопроводе на расстоянии приблизительно 150 мм от компрессора и температурой насыщения, эквивалентной давлению всасывания. В случае невозможности замерить давление перегрев определяют как разность между температурой во всасывающем трубопроводе на расстоянии 150 мм от компрессора и температурой трубы испарителя (не ребра) в его центре (рис. 278).

При работе агрегата в нормальном режиме необходимо продолжать зарядку хладагента до тех пор, пока перегрев будет составлять 11—17°C. Перегрев около 6°C указывает на избыточную зарядку. Перегрев около 22°C указывает на недостаточную зарядку системы хладагентом.

Зарядка системы хладагентом в соответствии с таблицами изготовителя. Некоторые изготовители автономного оборудования поставляют таблицы для определения величины зарядки в зависимости от рабочего давления в системе. Если агрегат заряжается хладагентом таким образом, необходимо точно выполнять инструкции изготовителя.

Регулятор давления перед компрессором

Регулятор устанавливают на всасывающем трубопроводе перед компрессором для регулирования давления на стороне всасывания компрессора (рис. 279), что защищает двигатель компрессора от перегрузки. Регулятор настраивают на максимально допустимое давление, которое обусловлено заводом-изготовителем компрессорно-конденсаторного агрегата.

При перегрузке регулятор предотвращает повышение давления всасывания пара на входе в компрессор. Когда период перегрузки закончился и давление стало ниже уставки регулятора, он полностью открывается. Уставка регулятора определяется величиной сжатия нажимной пружины. Клапан регулятора перемещается от полностью открытого до полностью закрытого положения в зависимости от давления на выходе. При повышении давления на выходе клапан закрывается.

Этот тип регулятора обеспечивает защиту двигателя от перегрузки в установках, в которых применяется система оттаивания горячими парами хладагента. Например, высокая температура испарителя после процесса оттаивания и накопление жидкости в нем создают высокое давление в начале нормального холодильного цикла. Кроме того, в результате высокой тепловой нагрузки системы давление на стороне всасывания может стать выше расчетного уровня для данного двигателя компрессора.

Регулятор давления в испарителе

Регулятор устанавливают на всасывающем трубопроводе между испарителем и компрессором. Он предназначен для поддержания требуемого минимального давления в испарителе (рис. 280).

В системах с параллельно соединенными испарителями, работающими при различных температурах, или в системах, в которых недопустимо понижение температуры кипения ниже заданной, часто используют регулятор давления в испарителе для регулирования температуры кипения. Этот регулятор действует так же, как регулятор давления перед компрессором, но реагирует он на давление на входе.

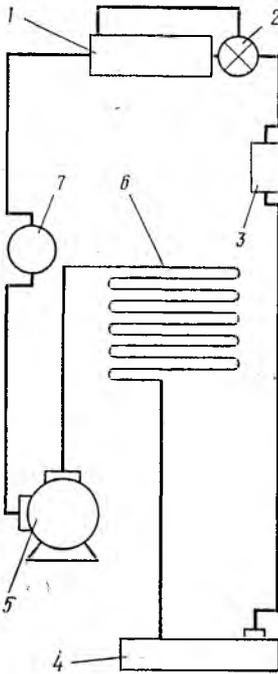


Рис. 279. Установка регулятора давления перед компрессором:

1 — испаритель; 2 — ТРВ; 3 — осушитель; 4 — ресивер; 5 — компрессор; 6 — конденсатор; 7 — регулятор давления.

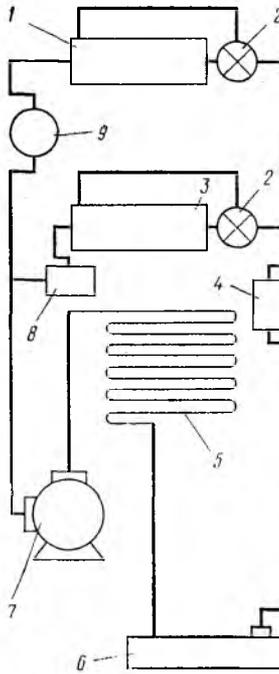


Рис. 280. Двухтемпературная установка с регулятором давления в испарителе:

1 — испаритель с положительной температурой; 2 — ТРВ; 3 — испаритель низкотемпературного прилавка; 4 — осушитель; 5 — конденсатор; 6 — ресивер; 7 — компрессор; 8 — обратный клапан; 9 — регулятор давления в испарителе.

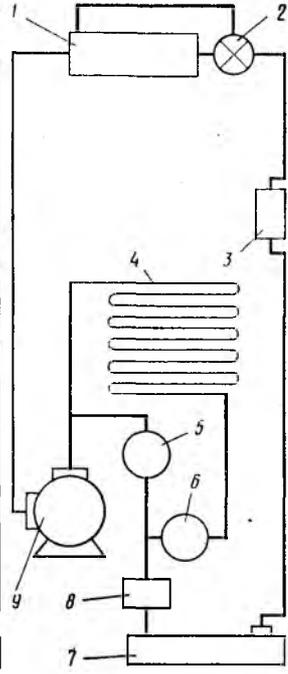


Рис. 281. Система регулирования воздушного конденсатора при низкой температуре окружающей среды:

1 — испаритель; 2 — ТРВ; 3 — осушитель; 4 — конденсатор; 5 — байпасный вентиль; 6 — регулятор давления на входе; 7 — ресивер; 8 — обратный клапан; 9 — компрессор.

Регулятор открывается, когда давление на входе равно или превышает точку открытия по уставке регулятора. По мере повышения давления в испарителе регулятор продолжает открываться и поток хладагента увеличивается.

Регулятор закрывается, когда давление на входе становится ниже уставки, в результате чего предотвращается понижение температуры в испарителе ниже этой точки.

Регулятор давления воздушного конденсатора

Регулятор предназначен для поддержания соответствующего давления на стороне нагнетания (в ресивере) в условиях низкой температуры окружающей среды. Давление на стороне нагнетания постоянно должно быть достаточно высоким для обеспечения перепада давлений в регулирующем вентиле системы. Рекомендуется устанавливать регулятор давления на линии между выходом из конденсатора и входом в жидкостный ресивер. При таком расположении регулятор функционирует с высокой производительностью (рис. 281).

Важно отметить, что эти регуляторы не рекомендуется устанавливать на входе в конденсатор или на других участках, где имеет место влияние пульсации нагнетаемых компрессором паров хладагента. Регулятор реагирует на давление на входе и открывается при повышении этого давления или закрывается при его понижении. Если давление на входе быстро меняется (пульсация газа, нагнетаемого компрессором, и т. д.), регулятор будет поврежден. Если регулятор открывается и закрывается с каждым оборотом компрессора, срок службы сиффона прибора становится крайне коротким. Дополнительная установка демпфирующего устройства не обеспечит полную защиту регулятора, но несколько удлинит срок его службы.

Байпасный вентиль с перепуском со стороны высокого давления на сторону низкого давления

Вентиль монтируют на линии между сторонами высокого и низкого давлений (рис. 282). Он реагирует на давление на выходе из вентиля. Когда давление на стороне всасывания понижается до величины уставки, вентиль открывается. При этом будет поддерживаться стабильное давление всасывания, производительность агрегата уменьшится и температура в испарителе перестанет понижаться.

Применение байпасного вентиля является эффективным средством регулирования производительности системы, а также ограничения минимальной температуры в испарителе. Возможна непрерывная работа агрегата без снижения температуры в испарителе ниже заданного уровня.

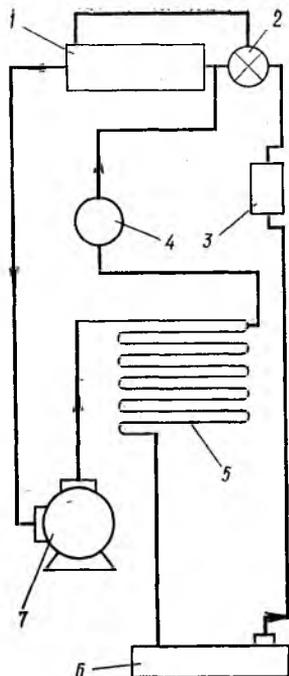


Рис. 282. Расположение байпасного вентиля с перепуском со стороны высокого давления на сторону низкого давления:

1 — испаритель; 2 — ТРВ; 3 — фильтр-осушитель; 4 — байпасный вентиль для регулирования производительности; 5 — конденсатор; 6 — ресивер; 7 — компрессор.

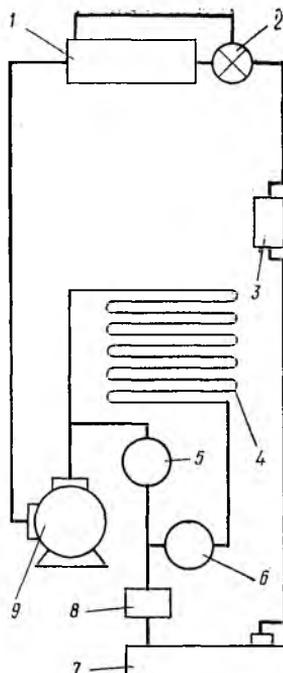


Рис. 283. Расположение байпасного вентиля воздушного конденсатора:

1 — испаритель; 2 — ТРВ; 3 — осушитель; 4 — конденсатор; 5 — байпасный вентиль; 6 — регулятор давления; 7 — ресивер; 8 — обратный клапан; 9 — компрессор.

Байпасируемый пар может быть направлен через вентиль во всасывающий трубопровод перед компрессором или на вход испарителя после регулирующего вентиля. Когда байпасируемый пар циркулирует через испаритель, защита компрессора от высокого перегрева обеспечивается действием регулирующего вентиля.

Байпасный вентиль воздушного конденсатора

Вентиль применяют в зимнее время в качестве байпасного устройства в воздушных конденсаторах совместно с регулятором пуска. Вентиль устанавливают на байпасной линии конденсатора между стороной нагнетания компрессора и жидкостным ресивером (рис. 283).

Работа вентиля зависит от давления на выходе из ресивера. Он открывается, когда давление в ресивере ниже уставки.

вентилia. При пуске агрегата нагнетаемый пар высокого давления подается непосредственно в ресивер, в результате чего в нем быстро образуется соответствующее давление. Вентиль закрывается, и компрессор нагнетает пар в конденсатор.

Регулирование производительности

Во многих холодильных установках и системах кондиционирования воздуха тепловая нагрузка колеблется в довольно широком диапазоне из-за поступающих продуктов, температуры окружающей среды, количества людей в помещении или других факторов. В таких случаях для обеспечения удовлетворительной работы системы необходимо регулировать производительность компрессора.

Двухпозиционное регулирование. Простейшим способом регулирования производительности компрессора является двухпозиционное регулирование. Этот способ приемлем для малых компрессоров, но редко применяется для больших компрессоров из-за колебаний регулируемой температуры. Когда тепловая нагрузка невелика, компрессор может работать короткими циклами. В холодильных установках, где образование слоя инея на испарителе не представляет собой проблемы, потребители часто снижают уставку выключения по низкому давлению. В результате этого компрессор может работать длительное время при очень низкой температуре кипения. С уменьшением давления всасывания производительность компрессора быстро падает, что приводит к снижению плотности и интенсивности потока хладагента. В результате этого ухудшается возврат масла в компрессор. Работа системы при температуре кипения хладагента ниже той, на которую она была рассчитана, приводит к перегреву мотор-компрессора. Оба этих условия являются причиной повреждения и отказа компрессора.

Снижение давления в цилиндре компрессора. Большие компрессоры часто оборудуют разгрузочными устройствами для снижения давления в цилиндре в целях обеспечения возможности изменения производительности компрессора при переменных нагрузках.

Существует два типа разгрузочных устройств, применяемых в поршневых компрессорах. В некоторых компрессорах всасывающие клапаны на одном или большем количестве цилиндров удерживаются в открытом положении механическим устройством под действием регулятора давления. Когда всасывающие клапаны открыты, пар хладагента во время хода сжатия выталкивается назад во всасывающую полость, а не в нагнетательную, и в цилиндре не совершается сжатие.

Компрессор фирмы «Копеланд» с разгрузочными устройствами имеет байпасный вентиль, который расположен таким образом, что разгруженный цилиндр или цилиндры изолируют

ются от полости нагнетания, куда сжатый пар хладагента выталкивается нагруженными цилиндрами. Трехходовой разгрузочный клапан (рис. 284) соединяет нагнетательные отверстия цилиндра с нагнетательным трубопроводом, когда цилиндр нагружен, или со всасывающей полостью компрессора, когда цилиндр разгружен. Пока цилиндр разгружен, в нем не выполняется работа, кроме выталкивания пара хладагента через линию перепуска (причем без сжатия). При этом цилиндр практически не перегревается. В то же время значительно уменьшается потребляемая двигателем компрессора мощность. Сниженный расход мощности и лучшие температурные характеристики при этом способе разгрузки компрессора являются основными

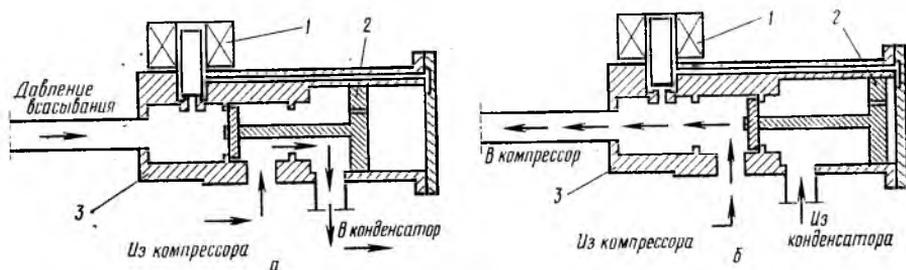


Рис. 284. Разгрузочный клапан компрессора:

а — обесточен; б — под током; 1 — электромагнитный клапан; 2 — поршень; 3 — корпус.

преимуществами по сравнению со способом разгрузки внешним байпасированием горячего газа, когда все цилиндры компрессора работают на преодоление давления конденсации.

В связи с меньшим количеством всасываемого пара, возвращающегося в компрессор из системы для охлаждения встроенного двигателя, рабочий диапазон разгруженных компрессоров должен быть ограничен. Компрессоры с регулированием производительности рекомендуется применять для работы при высоких температурах кипения хладагента. Однако в некоторых случаях они удовлетворительно эксплуатируются в среднетемпературном диапазоне. Из-за возможности перегрева двигателя компрессора в низкотемпературных системах рекомендуется регулировать производительность циклической работой компрессора или байпасированием горячего газа.

Байпасирование горячего газа. Производительность компрессора регулируют посредством байпасирования горячего газа хладагента в том случае, когда нормальная циклическая работа компрессора или применение разгрузочных устройств не дают должного эффекта. Байпасирование нагнетаемого компрессором газа мимо конденсатора предотвращает уменьшение давления всасывания ниже заданного уровня.

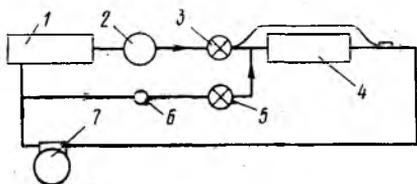


Рис. 285. Байпасирование на входе в испаритель:

1 — конденсатор; 2 — ресивер; 3 — ТРВ; 4 — испаритель; 5 — байпасный вентиль горячего газа; 6 — электромагнитный клапан на трубопроводе горячего газа; 7 — компрессор.

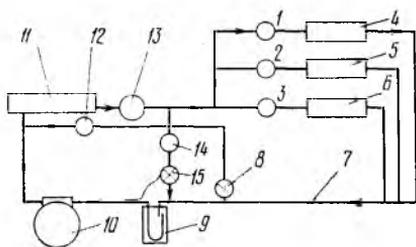


Рис. 286. Байпасирование горячего газа во всасывающий трубопровод:

1, 2, 3 — электромагнитные вентили на жидкостных трубопроводах; 4, 5, 6 — испарители; 7 — всасывающий трубопровод; 8 — байпасный вентиль горячего газа; 9 — отделитель жидкости на всасывающем трубопроводе; 10 — компрессор; 11 — конденсатор; 12 — электромагнитный вентиль на трубопроводе горячего газа; 13 — ресивер; 14 — электромагнитный вентиль на жидкостном трубопроводе; 15 — регулирующий вентиль.

ность выше, чем установки с двухпозиционным способом регулирования производительности компрессора (пуском и остановкой). Это обусловлено тем, что улучшается смазка компрессора и предотвращается миграция хладагента.

В установке с параллельно соединенными испарителями, когда имеется непрерывная тепловая нагрузка в довольно широком диапазоне, байпасирование горячего газа является оптимальным способом регулирования производительности, обеспечивающим удовлетворительную и экономичную работу системы.

Байпасирование на входе в испаритель. В системах с одним испарителем иногда можно подавать горячий газ в испаритель сразу после ТРВ (рис. 285). Для этой цели имеются распределители хладагента с боковыми отверстиями. Искусственная тепловая нагрузка создается поступающим в эту

Все байпасные вентили горячего газа работают следующим образом. При понижении давления на стороне всасывания они открываются и работают в заданном диапазоне давлений от полностью открытого до полностью закрытого положения. Подача горячего газа высокого давления с определенной интенсивностью на сторону всасывания системы предотвращает дальнейшее снижение давления всасывания.

Уставку вентиль можно изменять в широком диапазоне посредством регулировочного винта. В связи с меньшей потребляемой компрессором мощностью при низком давлении всасывания вентиль настраивают на байпасирование газа при минимальном давлении всасывания в пределах рабочих характеристик компрессора, в результате чего обеспечивается нормальная работа системы.

Если холодильная установка с системой байпасирования сконструирована и смонтирована правильно, то ее надеж-

точку байпасирующим газом. В связи с тем что ТРВ регулирует поток хладагента с заданным перегревом на выходе из испарителя, хладагент поступает в компрессор при нормальной рабочей температуре и в достаточной мере охлаждает его встроенный двигатель. Возврат масла облегчается тем, что в испарителе поддерживается высокая интенсивность потока хладагента. В результате указанных преимуществ этот способ регулирования является самым простым и наименее дорогостоящим.

Байпасирование во всасывающий трубопровод. Байпасирование горячего газа во всасывающий трубопровод хладагента целесообразно применять в тех случаях, когда испарители, соединенные параллельно, обслуживаются одним компрессором или компрессорно-конденсаторный агрегат расположен на некотором расстоянии от испарителя (рис. 286). Этот способ обеспечивает удовлетворительное регулирование давления всасывания.

Однако необходимо дозировать подачу жидкого хладагента во всасывающий трубопровод с помощью регулирующего вентиля, чтобы поддерживать температуру пара хладагента, поступающего в компрессор, в допустимом диапазоне. Байпасируемый горячий газ хорошо перемешивается с жидким хладагентом и всасываемым паром в смесительной камере. Отделитель жидкости на всасывающем трубопроводе также может выполнять функции смесительной камеры и защищать компрессор при выбросе жидкого хладагента из испарителя.

Смесь нагнетаемого парообразного и жидкого хладагента хорошо перемешивается, если она вводится во всасывающий трубопровод на некотором расстоянии от компрессора и, когда это возможно,— во всасывающий коллектор (рис. 287).

Регулирование низкого давления в картере компрессора

Пар хладагента всегда мигрирует в самую холодную часть системы. Если при остановке компрессора его картер более холодный, чем другие части системы, хладагент в конденсаторе, ресивере и испарителе испаряется и течет через систему. Испарившийся хладагент конденсируется в картере компрессора и

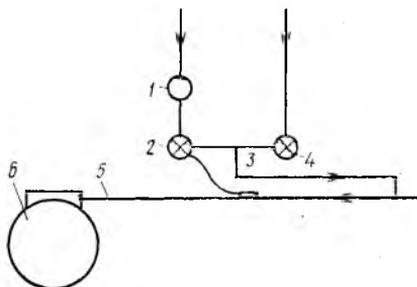


Рис. 287. Схема байпасирования во всасывающий трубопровод без отделителя жидкости:

1 — электромагнитный вентиль на жидкостном трубопроводе; 2 — регулирующий вентиль; 3 — смесительный тройник; 4 — байпасный вентиль горячего газа; 5 — всасывающий трубопровод; 6 — компрессор.

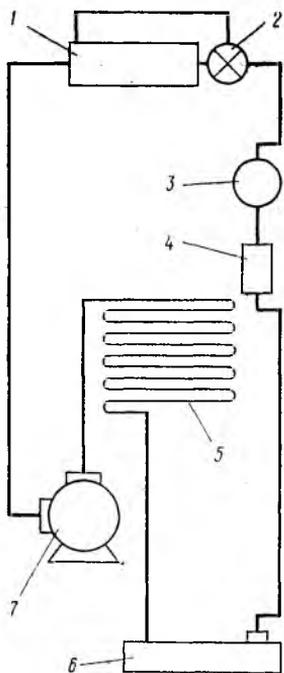


Рис. 288. Система регулирования низкого давления в картере компрессора:

- 1 — испаритель; 2 — ТРВ;
 3 — электромагнитный вентиль; 4 — осушитель; 5 — конденсатор; 6 — ресивер;
 7 — компрессор.

растворяется в смазочном масле. Несмотря на то что нет разности давлений, которая необходима для образования потока, пар хладагента мигрирует через систему, конденсируется в картере и растворяется в масле до насыщения последнего. Во время остановки любого оборудования на несколько часов жидкий хладагент может целиком заполнить картер компрессора. При 20 °С смесь в картере будет содержать приблизительно 70 % хладагента.

Самый оптимальный и надежный способ предотвращения миграции хладагента — это создание низкого давления в картере компрессора.

Когда электромагнитный вентиль на жидкостном трубопроводе закрывается, хладагент перекачивается в конденсатор и ресивер. Работа компрессора регулируется посредством реле низкого давления (рис. 288). На период стоянки компрессора хладагент в этом случае не поступает в другие узлы установки. Поэтому предотвращается миграция хладагента в картер компрессора.

Регулирование низкого давления в картере компрессора может быть осуществлено во всех системах, оборудованных ТРВ и электромагнитным вентилем, если, конечно, ресивер имеет соответствующую емкость. Однако может иметь место незначительная протечка хлад-

агента через электромагнитный вентиль во время нерабочей части цикла, что является причиной постепенного повышения давления всасывания. В связи с этим схемой должна быть предусмотрена возможность повторных включений компрессора с помощью реле давления для регулирования низкого давления холодильного агента в картере. Периодическая работа компрессора короткими циклами обычно не имеет отрицательных последствий.

Цикл регулирования низкого давления в картере компрессора рекомендуется применять, когда это только возможно. Если требуется нециклическое регулирование низкого давления в картере, необходимо предусмотреть возможность использования нагревателя картера в дополнение к регулированию низкого давления, чтобы обеспечить более надежную защиту компрессора.

Системы оттаивания торгового холодильного оборудования

Охлаждаемые прилавки и витрины оборудованы испарителями, в которых кипит жидкий хладагент. Эта кипящая жидкость поглощает тепло из прилавка или витрины. Относительно теплый влажный воздух проходит через испаритель, отдает ему свое тепло и в результате этого теряет влагу, которая в виде инея оседает на ребрах и трубах испарителя. Слой инея постепенно нарастает, в результате чего замедляется, а затем и полностью прекращается циркуляция воздуха, если испаритель не подвергается оттаиванию. В связи с тем что нормальное охлаждение торгового оборудования зависит от циркуляции воздуха, необходимо для обеспечения процесса охлаждения периодически оттаивать испаритель.

Для оттаивания испарителя применяются следующие основные способы.

Оттаивание при остановке оборудования. При использовании этого способа применяют реле низкого давления для управления работой компрессора. Если реле отрегулировано на включение при давлении и, следовательно, при температуре выше точки замерзания воды, то испаритель будет полностью освобожден от инея до следующего пуска компрессора. Этот способ оттаивания используют в закрытых прилавках-витринах для мясных продуктов, в охлаждаемых прилавках общего назначения и холодильных шкафах.

Оттаивание с управлением по времени. При применении этого способа используют регулятор процесса оттаивания по времени, т. е. реле времени для регулирования периодичности и длительности цикла оттаивания.

Оттаивание испарителей с помощью реле времени без дополнительной подачи тепла применяют в открытых многоярусных мясных и молочных прилавках-витринах, многоярусных прилавках-витринах общего назначения и холодильных шкафах. В связи с тем что испаритель не оттаивает полностью между рабочими частями циклов компрессора или когда компрессор работает нециклично, необходимы периоды принудительной стоянки для естественного нагрева испарителя, в результате чего удаляется весь иней.

Реле времени и электронагреватели используются иногда при оттаивании испарителей мясных и молочных прилавков-витрин, а также низкотемпературных прилавков-витрин для замороженных продуктов и мороженого.

Некоторые воздухоохладители оттаивают горячим газом. Однако этот способ не используется для оттаивания испарителей прилавков-витрин. Через вентиль, который управляется регулятором оттаивания, нагнетаемый компрессором газ попадает непосредственно в испаритель (рис. 289). Обычно применяют какой-нибудь способ предотвращения попадания жидкого хлад-

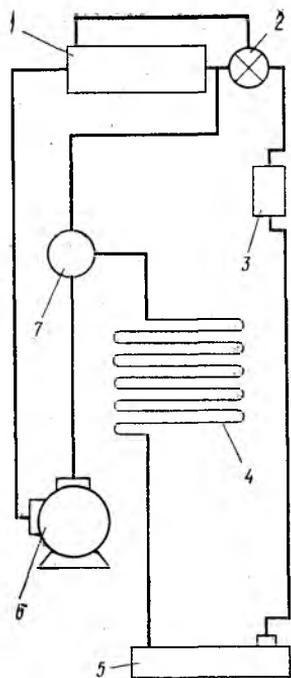


Рис. 289. Система оттаивания испарителя горячими парами хладагента:

- 1 — испаритель; 2 — ТРВ;
3 — осушитель; 4 — конденсатор;
5 — ресивер; 6 — компрессор;
7 — электромагнитный вентиль.

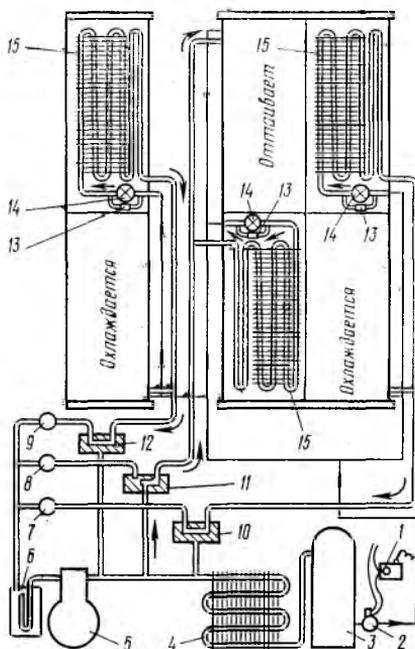


Рис. 290. Цикл оттаивания испарителей в комбинированной установке с использованием скрытой теплоты конденсации хладагента:

- 1 — реле давления; 2 — электромагнитный вентиль; 3 — ресивер; 4 — конденсатор; 5 — компрессор; 6 — отделитель жидкости; 7, 8, 9 — регулирующие вентили; 10, 11, 12 — трехходовые вентили; 13 — обратные клапаны; 14 — ТРВ; 15 — испарители.

агента из испарителя в компрессор. Часто используют нагреватель для подогревания горячего газа, так как теплота трения и некоторое количество тепла от двигателя выделяются после первых минут цикла оттаивания.

Параллельно соединенные испарители иногда оттаивают, используя скрытую теплоту конденсации хладагента. В простейшем случае при наличии трех испарителей один оттаивает, а два других работают в цикле охлаждения (рис. 290). Оттаиваемый испаритель является конденсатором для хладагента, кипящего в двух других испарителях, которые работают в режиме охлаждения. Этот процесс обычно управляется посредством реле времени, в результате чего каждый испаритель последовательно оттаивает по мере необходимости.

Оттаивание под действием непосредственного электрообогрева. Когда для процесса оттаивания испарителя требуется допол-

нительное тепло, некоторые предприятия-изготовители устанавливают в торговом оборудовании полосовые электронагреватели и выключатели ограничения продолжительности оттаивания. Преимуществами оттаивания с помощью электрообогрева являются низкие первоначальные расходы, простота монтажа и обслуживания, высокая эффективность.

При этом способе обеспечиваются самые низкие эксплуатационные расходы.

Кроме того, выключатель ограничения продолжительности оттаивания является прибором защиты, который используется

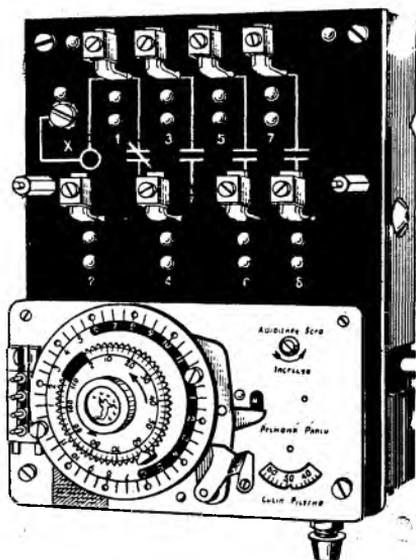


Рис. 291. Реле времени оттаивания со встроенным реле давления.

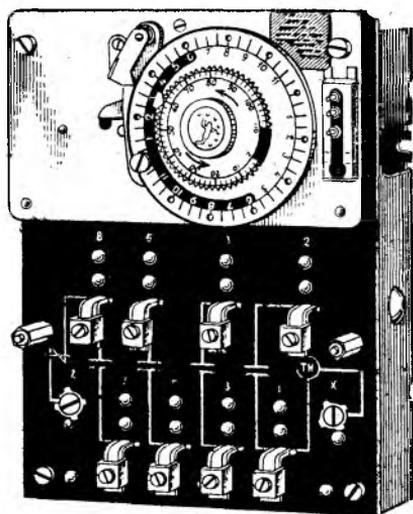


Рис. 292. Реле времени оттаивания, срабатывающее под действием электромагнита.

также для дублирования прекращения цикла оттаивания при отказе реле времени.

Способы прекращения процесса оттаивания. Цикл оттаивания включается по времени. Прекращение процесса оттаивания осуществляется в основном тремя способами.

Прекращение процесса непосредственно по времени. Система оттаивания включается посредством реле времени. Длительность цикла оттаивания определяют на основе опыта практической работы с аналогичными системами или настройкой системы оттаивания после монтажа оборудования. Это довольно надежный способ, однако его недостатком является то, что нет допуска на изменяющиеся рабочие нагрузки, влажность или другие переменные условия. Для обеспечения нормаль-

ной работы в любое время года длительность цикла оттаивания должна быть установлена для наиболее тяжелых внешних условий, в результате чего периоды оттаивания могут быть очень длительными.

Прекращение процесса посредством реле давления. Реле давления, встроенное в реле времени, соединено со стороной всасывания холодильной установки (рис. 291). Процесс оттаивания прекращается при заданном давлении, которое чаще всего равно 0,32 МПа для низкотемпературных систем и 0,28 МПа для среднетемпературных систем,

работающих на хладагенте R12. Реле времени обычно имеет предохранительное устройство для прекращения процесса оттаивания по времени в случае отказа реле давления. Преимуществом реле давления является его способность автоматически настраиваться на изменяющиеся условия рабочей нагрузки и влажность. В результате процесс оттаивания имеет такую длительность, которая необходима для полного удаления инея с испарителя. При этом способе оттаивания обеспечиваются наилучшие результаты тогда, когда повышение давления всасывания к концу оттаивания является устойчивым в течение всего года.

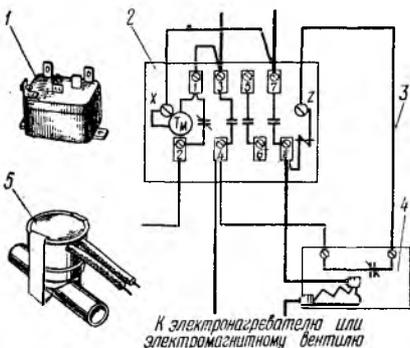


Рис. 293. Регулятор оттаивания:

1 — токовое реле; 2 — реле времени фирмы «Тайлер»; 3 — цепь возврата в исходное положение; 4 — токовое реле; 5 — выключатель, ограничивающий время оттаивания.

Прекращение процесса при возврате электромагнита реле времени в исходное положение. Это реле времени обычно имеет шкалу и может быть использовано для прекращения оттаивания несколькими способами (рис. 292).

Электромагнит реле времени возвращается в исходное положение при размыкании контактов всех термореле на испарителях в прилавках. Термореле последовательно соединены в цепи управления. Данное реле времени применяют в системах оттаивания электрообогревом или горячим паром хладагента.

Реле времени регулятора оттаивания (рис. 293) возвращается в исходное положение при размыкании контактов термореле, соединенных последовательно с электронагревательными элементами. Подача энергии к нагревателям осуществляется через контактор или реле времени оттаивания и через токовое реле. Электромагнит выключен до тех пор, пока ток течет через нагревательный прибор системы оттаивания. Когда кон-

такты термореле в прилавке разомкнутся, подача тока к нагревателю прекращается. При размыкании контактов всех термореле электромагнит возвращается в исходное положение. Преимуществом в данном случае является то, что каждый прилавок индивидуально защищен от избыточного тепла оттаивания и не требуется дополнительной проводки.

Реле времени возвращается в исходное положение, когда реле низкого давления выключает электромагнит. Такой способ является вариантом прекращения процесса оттаивания посредством реле давления.

Реле оттаивания

На базе полупроводников созданы простые приборы для осуществления точного управления процессом оттаивания. Один из них включает цикл оттаивания при изменении интенсивности потока воздуха в прилавке.

Пониженная интенсивность потока воздуха указывает на то, что на испарителе уже имеется максимальное количество инея, но температура в прилавке все еще продолжает быть на требуемом уровне.

В другом устройстве использован принцип разности давлений воздуха перед испарителем и за ним. Небольшие изменения разности давлений приводят к включению цикла оттаивания. Прекращение процесса по тому и другому способом осуществляется посредством термореле.

Существует два основных типа реле систем оттаивания:

реле низкого давления и реле времени. В большинстве случаев применяют комбинацию этих двух типов приборов.

Реле низкого давления. В связи с тем что для каждого хладагента известна зависимость давления от температуры (табл. 17), при регулировании давления всасывания компрессора происходит соответствующее изменение рабочей температуры кипения хладагента в испарителе прилавка.

Реле низкого и высокого давлений (рис. 294), используемые большинством заводов-изготовителей оборудования, имеют три регулируемые уставки. Одна уставка является точкой выключения блока высокого давления, который защищает компрессор от слишком высокого давления нагнетания и настраивается в зависимости от используемого хладагента и рекомендаций

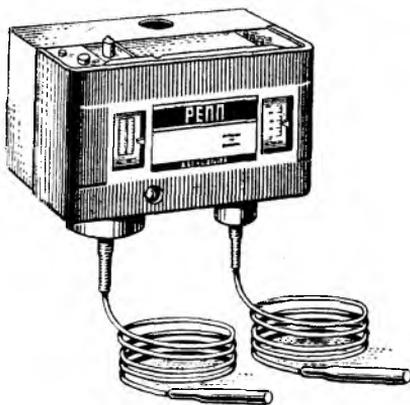


Рис. 294. Реле низкого и высокого давлений.

Таблица 17. Зависимость давления хладагента в состоянии насыщения от его температуры

Температура, °С	Давление абсолютное, 10 ⁵ Па			Температура, °С	Давление абсолютное, 10 ⁵ Па		
	R12	R22	R502		R12	R22	R502
-60	0,2262	0,3752	0,4899	-9	2,275	3,679	4,291
-59	0,2396	0,3972	0,517	-8	2,357	3,809	4,4364
-58	0,2537	0,4202	0,5452	-7	1,44	3,943	4,5853
-57	0,2634	0,4443	0,5747	-6	2,526	4,081	4,7361
-56	0,2838	0,4695	0,6055	-5	2,614	4,222	4,8945
-55	0,2999	0,4958	0,6376	-4	2,705	4,367	5,0549
-54	0,3168	0,5234	0,671	-3	2,798	4,515	5,2191
-53	0,3344	0,5521	0,7058	-2	2,893	4,667	5,3873
-52	0,3527	0,5821	0,7421	-1	2,99	4,823	5,5694
-51	0,3719	0,6134	0,7798	0	3,091	4,983	5,7358
-50	0,3919	0,6459	0,819	1	3,193	5,147	5,9161
-49	0,4127	0,6799	0,8597	2	3,298	5,315	6,1007
-48	0,4345	0,7152	0,9021	3	3,406	5,487	6,2994
-47	0,4571	0,752	0,946	4	3,516	5,663	6,4826
-46	0,4806	0,7903	0,9916	5	3,629	5,844	6,5639
-45	0,5051	0,8302	1,039	6	3,745	6,026	6,882
-44	0,5306	0,8715	1,0881	7	3,863	6,217	7,0884
-43	0,5571	0,9145	1,1391	8	3,984	6,411	7,2602
-42	0,5847	0,9592	1,1919	9	4,108	6,608	7,515
-41	0,6133	1,006	1,2465	10	4,235	6,811	7,7352
-40	0,643	1,054	1,3032	11	4,365	7,018	7,9603
-39	0,6738	1,104	1,3617	12	4,497	7,229	8,1901
-38	0,7057	1,155	1,4224	13	4,633	7,445	8,4248
-37	0,7389	1,209	1,4851	14	4,772	7,667	8,6644
-36	0,7732	1,265	1,55	15	4,913	7,892	8,9091
-35	0,8088	1,322	1,677	16	5,058	8,123	9,1588
-34	0,8457	1,382	1,6863	17	5,206	8,359	9,4136
-33	0,8839	1,443	1,7578	18	5,357	8,6	9,6737
-32	0,9234	1,507	1,8317	19	5,511	8,846	9,939
-31	0,9643	1,573	1,9079	20	5,689	9,097	10,2097
-30	1,006	1,641	1,9866	21	5,83	9,363	10,4857
-29	1,05	1,712	2,0678	22	5,994	9,615	10,7673
-28	1,095	1,784	2,1514	23	6,162	9,882	11,0544
-27	1,142	1,86	2,2377	24	6,333	10,154	11,3471
-26	1,19	1,937	2,3266	25	6,508	10,432	11,6455
-25	1,24	2,017	2,4182	26	6,686	10,716	11,9496
-24	1,291	2,1	2,5124	27	6,868	11,005	12,2697
-23	1,344	2,185	2,6095	28	7,053	11,3	12,5756
-22	1,399	2,273	2,7094	29	7,242	11,601	12,8976
-21	1,455	2,363	2,8122	30	7,435	11,908	13,2256
-20	1,513	2,456	2,918	31	7,631	12,221	13,5597
-19	1,573	2,552	3,0268	32	7,882	12,539	13,9
-18	1,634	2,651	3,1386	33	8,036	12,864	14,2467
-17	1,698	2,753	3,2534	34	8,244	13,196	14,5997
-16	1,763	2,858	3,3715	35	8,456	13,532	14,9592
-15	1,83	2,966	3,4928	36	8,672	13,876	15,3253
-14	1,899	3,076	3,6173	37	8,892	14,226	15,5979
-13	1,97	3,19	3,7452	38	9,116	14,582	16,0774
-12	2,044	3,308	3,8764	39	9,344	14,945	16,4835
-11	2,119	3,428	4,0112	40	9,577	15,315	16,8567
-10	2,196	3,552	4,1493	41	9,814	15,691	17,2567

Температура, °C	Давление абсолютное, 10 ⁵ Па			Температура, °C	Давление абсолютное, 10 ⁵ Па		
	R12	R22	R502		R12	R22	R502
42	10,05	16,074	17,6639	52	12,71	20,299	22,03
43	10,3	16,464	18,0782	53	13	20,763	22,51
44	10,55	16,862	18,4998	54	13,3	21,235	22,3
45	10,8	17,266	18,9287	55	13,6	21,714	23,3
46	11,06	17,677	19,3651	56	13,91	22,202	23,7
47	11,33	18,095	19,809	57	14,22	22,698	24,3
48	11,59	18,521	20,2606	58	14,54	23,202	24,8
49	11,87	18,954	20,7199	59	14,86	23,715	25,4
50	12,14	19,395	21,1871	60	15,19	24,236	26
51	12,43	19,843	21,55				

изготовителя. Вторая уставка относится к блоку низкого давления, т. е. давления всасывания, при котором включается компрессор. Третья уставка относится к дифференциалу, т. е. к величине, на которую должно понизиться давление всасывания, чтобы компрессор остановился. Величина выключения определяется вычитанием уставки дифференциала из уставки включения. Нельзя путать эту уставку выключения с уставкой выключения блока высокого давления.

Реле времени оттаивания.

Реле времени оттаивания со шкалой на 24 ч имеет нормально открытые и нормально закрытые контакты (рис. 295). Реле можно установить на шесть циклов оттаивания в течение суток. Оно включает цикл оттаивания, когда штифт в главной шкале приводит в действие переключатель. Во время цикла оттаивания компрессорно-конденсаторный агрегат отключается и нормально открытые контакты реле замыкаются, включая нагреватель оттаивания (если такой способ используется в системе).

Ниже приведено описание основных способов включения и прекращения цикла оттаивания.

При первом способе продолжительность цикла оттаивания и его прекращение регулируется посредством реле

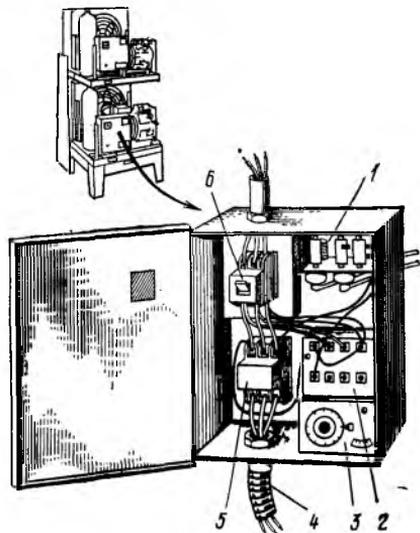


Рис. 295. Приборный щит с реле времени оттаивания:

1 — реле низкого и высокого давлений; 2 — клеммы для проводов к системам оттаивания в прилавках; 3 — реле времени оттаивания; 4 — электропроводка к компрессору; 5 — контактор двигателя; 6 — предохранитель.

времени. Длительность периода оттаивания устанавливается на внутренней шкале в диапазоне от 2 до 110 мин.

Второй способ предусматривает прекращение цикла оттаивания при повышении давления всасывания. Длительность периода оттаивания колеблется в зависимости от времени, требуемого для повышения давления всасывания до точки выключения (табл. 18).

Этот способ применяют только в том случае, если испаритель не оборудован регулятором давления. Реле низкого давления предотвращает ненормальное повышение давления во время цикла оттаивания.

Третий способ — это защита и прекращение процесса оттаивания по температуре. Способ внедрен фирмой «Тайлер рефри-

Таблица 18. Уставка реле давления для выключения системы оттаивания (в кПа)

Прилавки	Хладагент	
	R12	R502
Низкотемпературные	312	666
Среднетемпературные без дополнительного обогрева	277	580
с электронагревателями	360	690

джерейшн компани» и основан на использовании токового реле, которое удерживает реле времени в положении оттаивания, пока все реле температуры прилавков замкнуты или пока не сработает защита от отказа.

Все прилавки, оборудованные системой оттаивания с электрическим нагревом, имеют предельные реле температуры на испарителях для отключения по-

дачи тока к нагревателю, когда температура в испарителе достигает 10 °С. Таким образом, каждый испаритель прилавка индивидуально защищен от перегрева во время оттаивания. Когда контакты всех реле температуры разомкнутся, прекращается поток электрической энергии и токовое реле включается. Оно в свою очередь включает электромагнит, который переводит реле времени оттаивания (рис. 296) в положение нормальной работы. Как и при первых двух способах, внутренняя шкала реле времени установлена на максимальное время, или время защиты от отказа.

Настройка реле оттаивания. Уставку выключения реле давления, управляющего концом оттаивания, определяют наиболее точно с помощью манометра, так как указатель реле давления не имеет такой точности. Применять манометр для настройки этого реле рекомендуется также в том случае, когда используют реле времени оттаивания.

В настройку реле времени оттаивания входят регулирование длительности в минутах каждого периода оттаивания и установка количества циклов оттаивания в сутки. Большинство заводов-изготовителей указывают свои рекомендации: на специ-

альной табличке уставки внутри каждого прилавка; на специальной карточке уставки, поставляемой с компрессорно-конденсаторным агрегатом, или в инструкции по эксплуатации прилавка. Эти рекомендации не всегда соответствуют эксплуатационным условиям данной установки. Однако их используют в качестве исходных данных, так как они основаны на лабораторных и промышленных испытаниях.

Переменные факторы. Ниже приведены факторы, воздействующие на циклы оттаивания:

влажность и температура в охлаждаемом объеме изменяются в течение года, в связи с чем количество оттаиваемого инея колеблется;

колебания напряжения, подаваемого к нагревательным приборам системы оттаивания, изменяют количество вырабатываемого тепла;

количество открываний дверей в холодильных камерах и шкафах;

рабочая температура в охлаждаемом объеме (в особенности) в многоярусных и низкотемпературных прилавках, а также в среднетемпературных прилавках) ниже требуемого уровня. В результате на испарителе образуется слой инея;

наличие потоков воздуха в помещении, которые могут привести к поступлению большого количества теплого и влажного воздуха в открытый прилавок, в результате чего создается избыточная нагрузка на испаритель.

Принципы оттаивания. Цикл оттаивания должен быть достаточно длительным для полного освобождения испарителя от инея, а периодичность оттаивания должна быть достаточной для обеспечения свободной циркуляции охлажденного воздуха в прилавке,

Самопишущий указатель температуры является наиболее эффективным прибором для определения необходимости оттаивания испарителя прилавка. Если на самопишущем указателе температуры кривая показывает «провисание», то это означает, что требуется дополнительный цикл оттаивания в сутки. Необходимо убедиться в том, что факторы, являющиеся причиной указанного «провисания» кривой (температура внутри или вне прилавка, влажность, открывание дверей), устранены.

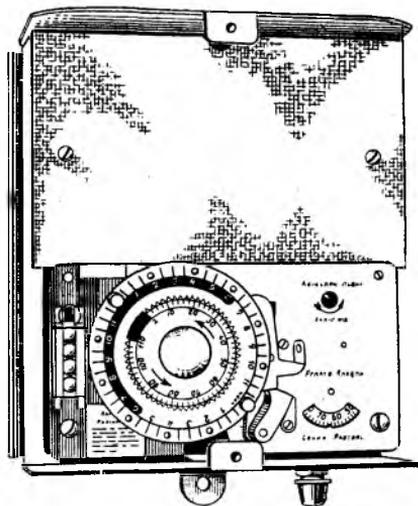


Рис. 296. Реле времени оттаивания.

Параллельно соединенные (комбинированные) системы

Не так давно все были единодушны в том, что для каждого прилавка требуется отдельный холодильный агрегат. Некоторые специалисты все еще считают, что удовлетворительная работа может быть обеспечена только в том случае, если к одному

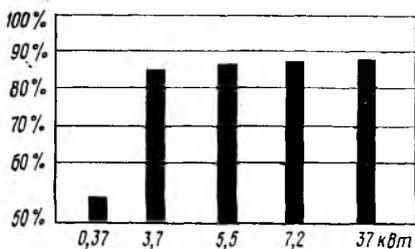


Рис. 297. Относительные расходы на эксплуатацию комбинированных систем в зависимости от мощности двигателя.

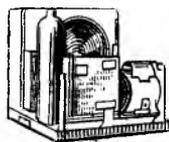
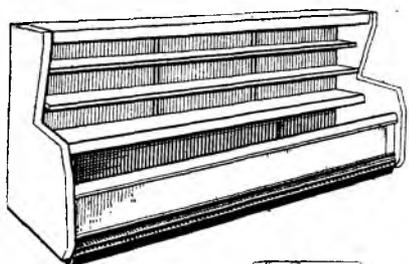


Рис. 298. Простая система с одним прилавком.

компрессорно - конденсаторно-му агрегату присоединяется не более двух однотемпературных прилавков-витрин. Большинство проектировщиков магазинов и эксплуатационников находят удовлетворительным и желательным соединить в одну систему (комбинированную) не только прилавков одного типа, но и прилавков с различными температурными режимами.

Проблемы, которые инженер-конструктор должен решить при разработке системы, довольно многочисленны и разнообразны. Для обслуживания 20 единиц торгового холодильного оборудования можно использовать от 1 до 20 компрессоров в зависимости от их производительности. Если выбраны 1 или 2 больших компрессора, конструктор должен их использовать в комбинированной системе. Если выбрано 20 небольших компрессоров, то конструктор должен разработать 20 небольших холодильных систем. Большинство конструкторов сходятся на том, что оптимальный путь разработки системы находится между этими двумя крайностями.

Основные предпосылки комбинирования оборудования следующие: надежные относительно недорогие высокопроизводи-

тельные компрессорно-конденсаторные агрегаты; совершенные и разнообразные приборы регулирования; улучшенная технология хранения пищевых продуктов; более простой монтаж агрегированного оборудования на месте эксплуатации.

Комбинированные системы имеют лучшие экономические показатели: меньшие стоимость оборудования и расходы на монтаж, эксплуатацию и обслуживание. Меньшие эксплуатационные расходы обусловлены в том числе высокой эффективностью двигателя более крупного компрессора. Если, однако, мощность двигателя выше 3,7 кВт, то увеличение эффективности незначи-

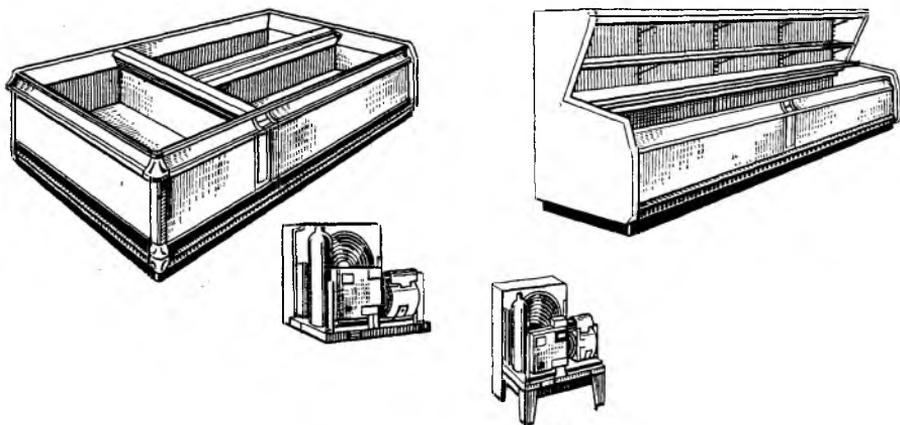


Рис. 299. Простая комбинированная система из нескольких прилавков, присоединенных к одному компрессорно-конденсаторному агрегату.

тельное (рис. 297). Необходимо учитывать также, что чем крупнее компрессор, тем более сложной становится вся система.

Классификация систем. Простая система, в которой один прилавок присоединен к одному компрессорно-конденсаторному агрегату, показана на рис. 298.

Простая комбинированная система состоит из двух или большего числа прилавков, присоединенных к одному компрессорно-конденсаторному агрегату (рис. 299). В испарителях этой системы поддерживаются одинаковые давления всасывания и температуры кипения. Способы оттаивания испарителей также одинаковы. Электрическая схема и система трубопроводов рассматриваемой холодильной установки более сложные, чем простой установки.

Комбинированная система состоит из прилавков, обслуживаемых одним компрессорно-конденсаторным агрегатом (рис. 300). В испарителях этой системы поддерживают разные давления всасывания. Продолжительность и способ оттаивания испарителей неодинаковы.

При комбинировании прилавков и камер с различными температурами в охлаждаемом объеме необходимо учитывать неизбежные эксплуатационные потери. Правило комбинирования заключается в том, что установка должна иметь холодопроизводительность при минимальном давлении всасывания большую, чем тепловая нагрузка. Эксплуатационные расходы при этом возрастают (табл. 19).

В сложных комбинированных системах все низкотемпературные прилавки и камеры обслуживаются одним компрессорно-конденсаторным агрегатом (то же касается прилавков и камер с положительной температурой).

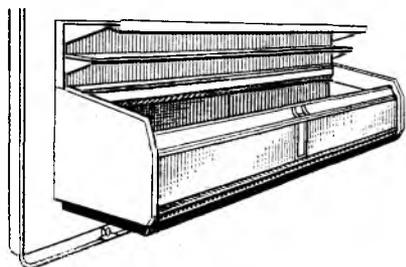


Рис. 300. Комбинированная система, состоящая из прилавка для мороженого, низкотемпературного прилавка с отделением для мороженого и оборудованная нагревателем системы оттаивания, регулятором давления в испарителе.

В очень сложных комбинированных системах все торговое холодильное оборудование магазина присоединено к одному компрессорно-конденсаторному агрегату (обычно имеется возможность для присоединения еще и кондиционера или какого-либо другого оборудования в случае крайней необходимости). Такие системы вполне реальны с технической точки зрения.

Таблица 19. Общее количество тепла (в кВт), отведенное от компрессорно-конденсаторных агрегатов

Показатель	Производительность, кВт							
	2,24	3,73	3,73	5,6	5,6	7,22	11,2	14,9

Компрессоры с высоким давлением всасывания, работающие на R12

Рабочий объем цилиндров, м ³ /ч	19,7	—	30,6	45,9	—	67,4	—	101,4
Температура кипения 1,7 °С	11,5	—	17,2	26,5	—	59,3	—	59,2
Температура кипения —6,7 °С	7,7	—	12,3	20	—	29,5	—	45,7
Температура кипения —12,2 °С	7,2	—	10	16,2	—	25	—	37,5

Компрессоры со средним давлением всасывания, работающие на R12

Рабочий объем цилиндров, м ³ /ч	23,1	—	38,9	—	60,1	67,4	85,5	101,4
Температура кипения —6,7 °С	10	—	16,2	—	25,8	29,5	55	45,4
Температура кипения —12,2 °С	7,6	—	13,2	—	22	21,4	42,5	37,5

Компрессоры с низким давлением всасывания, работающие только на R502

Рабочий объем цилиндров, м ³ /ч	—	30,6	38,9	45,9	60,1	67,4	85,5	101,4
Температура кипения —31,7 °С	—	9,2	11,4	13,2	17,2	20,9	26	27,8
Температура кипения —37,2 °С	—	7,1	9,1	10,8	12,1	16,4	20,4	23,3

Оборудование и приборы регулирования, нужные для работы этих систем, созданы и выпускаются промышленностью.

Обслуживание торгового холодильного оборудования имеет важнейшее значение и выполняется квалифицированными механиками. Торговое оборудование должно быть таким, чтобы механики могли осуществлять все операции по обслуживанию на месте эксплуатации.

Ниже изложены требования к торговому холодильному оборудованию для супермаркетов (универсамов).

1. В универсаме среднего размера следует применять агрегаты производительностью 3,7; 5,5; 7,2 и иногда 15 кВт, что сокращает их количество до 6—8 единиц и обеспечивает экономию площади пола. Компрессорно-конденсаторные агрегаты могут быть установлены в отдельном помещении вне магазина. Кроме того, это довольно распространенные агрегаты, и всегда можно осуществить замену как отдельных деталей, так и всего агрегата.

2. Холодильные установки должны быть простыми комбинированными системами или комбинированными системами.

3. Для улучшения условий обслуживания целесообразно применять однотипные компрессоры и системы. Совершенно очевидно, что оборудование следует выбирать с учетом положительных и отрицательных факторов. Выбор можно считать хорошим, если положительные факторы превалируют над отрицательными. Отрицательные факторы тем не менее существуют, и необходимо с этим считаться.

Поддержание постоянных температур в прилавках. Для поддержания различных температур в прилавках и камерах, работающих в одной системе, применяют два способа. Один из них заключается в использовании электромагнитных вентилей на жидкостном трубопроводе, управляемых термореле (рис. 301 и 302). Рассматриваемый способ приемлем в тех случаях, когда

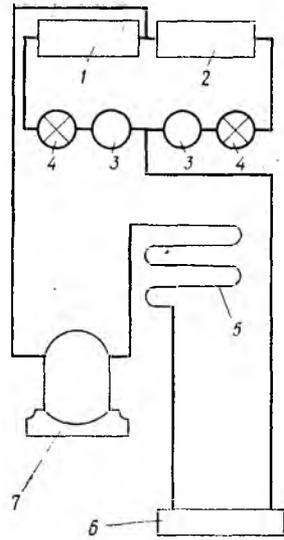


Рис. 301. Расположение электромагнитных вентилей:

1 — испаритель высокотемпературного прилавка; 2 — испаритель низкотемпературного прилавка; 3 — электромагнитные вентили; 4 — ТРВ; 5 — конденсатор; 6 — ресивер; 7 — компрессор.

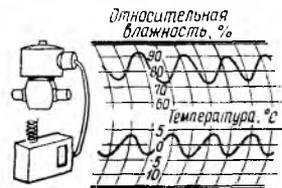


Рис. 302. Комбинированная диаграмма работы термореле и электромагнитного вентилей.

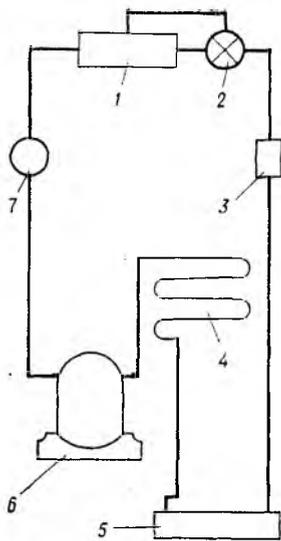


Рис. 303. Расположение в схеме установки регулятора давления в испарителе:

1 — испаритель; 2 — ТРВ; 3 — осушитель жидкостного трубопровода; 4 — конденсатор; 5 — ресивер; 6 — компрессор; 7 — клапан регулятора давления в испарителе.



Рис. 304. Комбинированная диаграмма, демонстрирующая работу регулятора давления в испарителе.

Разработано многолинейное реле времени для выполнения шести различных функций посредством шести пар нормально открытых и нормально закрытых контактов. Каждая пара контактов имеет шкалу на 24 ч с включением системы в любой час и шкалу прекращения процесса с настройкой до 110 мин.

повышение и понижение температуры (из-за дифференциала термореле) внутри прилавка не выходит за допустимые пределы. При этом способе необходимы дополнительные электропроводка (а это дополнительные расходы при монтаже) и обслуживание дополнительных электрических цепей.

Второй способ заключается в использовании регулятора давления в испарителе. Неэлектрический регулятор регулирует давление хладагента в испарителе (рис. 303). Этот способ очень надежен. Регулятор давления в испарителе монтируют на всасывающем трубопроводе холодильной системы. Отрегулированный прибор стабилизирует давление и температуру кипения в испарителе. При неизменной тепловой нагрузке, что имеет место в открытых прилавках универсамов, поддержание определенной температуры кипения в испарителе обеспечит почти постоянную температуру в прилавках (рис. 304).

Способы оттаивания испарителей комбинированных систем. Полное оттаивание испарителей различных видов оборудования может быть осуществлено посредством совмещения циклов оттаивания. Например, для прилавка-витрины с доступом сверху достаточно четырех циклов в сутки, как и для многоярусного прилавка-витрины. Однако на практике обычно так не делают. Другой метод заключается в оборудовании низкотемпературных прилавков дополнительным нагревателем, в результате чего эти прилавки будут оттаивать так же, как и прилавки для мороженого.

Обычное реле времени оттаивания не всегда можно применить для оттаивания испарителей комбинированной системы.

Это реле времени делает возможным задержку включения вентиляторов после процесса оттаивания. Реле можно использовать также для синхронизации циклов оттаивания в линиях прилавков, присоединенных к двум или большему количеству компрессорно-конденсаторных агрегатов.

Может возникнуть необходимость применения разгрузочного устройства в компрессоре, когда во время цикла оттаивания большая часть нагрузки системы изолирована, хотя компрессор продолжает работать. По мере снижения температуры в прилавке и давления всасывания уменьшается количество нагнетаемого пара хладагента. Для обеспечения возможности осуществления разгрузки компрессора реле давления должно быть настроено на соответствующую низкую величину давления. Следует иметь в виду, что применение разгрузочных устройств снижает эффективность компрессора. К примеру, наполовину разгруженный компрессор потребляет 70 % мощности, расходуемой при полной нагрузке.

Системы регенерации тепла

Эксплуатационные расходы должны быть минимальными. Именно по этой причине при проектировании новых магазинов или значительной их реконструкции применяют системы регенерации тепла.

Для понимания процесса регенерации тепла необходимо знать основы электротехники, техники охлаждения, теплопередачи и экономики.

Расчеты годовой экономии показывают, что первоначальные капиталовложения на систему регенерации тепла в магазине окупаются в течение пяти лет, что вполне приемлемо.

Экономия, оправдывающая расходы на дополнительное оборудование, основана на том простом факте, что холодильная система создана для отвода тепла. Тепло отводится от прилавков и передается непосредственно окружающему воздуху или воде.

Холодильный компрессор является в данном случае насосом, а хладагент — средством для переноса тепла.

Тепло, отводимое от прилавков, поступает в них из торгового зала магазина. Поэтому если отведенное тепло передается окружающей среде во время отопительного сезона, то оно должно быть восполнено обычными источниками отопления. При поступлении отведенного конденсатором тепла в помещение магазина возникает возможность экономии некоторой или большей части обычных расходов на отопление. Дополнительным положительным фактором является то, что тепло, генерируемое нормально работающими электродвигателями холодильных компрессоров, также отводится конденсатором. Эксплуатация хорошо сконструированных и смонтированных систем регенерации тепла показала, что значительная часть расходов на отопление в зимнее время может быть компенсирована.

Количество тепла, которое можно использовать в системе регенерации тепла, очень велико. Например, агрегат производительностью 11,2 кВт для обслуживания прилавков при температуре кипения $-12,2^{\circ}\text{C}$ отдает 42,5 кВт тепла, которое можно использовать для отопления магазина (см. табл. 19). Один такой агрегат отдает больше тепла, чем требуется для отопления большой квартиры. Тепло, генерируемое подобными агрегатами в обычном универсаме, может суммарно составить такое количество тепла, которое необходимо для создания комфортных условий в магазине в течение всего отопительного сезона, за исключением самых холодных дней.

При конструировании систем регенерации тепла необходимо применять все меры, чтобы предотвратить ненужные расходы.

Методы регенерации тепла. Никто не может сказать с большой степенью уверенности, какими были первые методы регенерации тепла, так как применение этого процесса началось еще в 20-х годах.

Метод непосредственной отдачи тепла воздуху. В первых схемах регенерации тепла в летнее время воздух через воздушный конденсатор поступал во внешнюю среду, а в зимнее время его использовали для отопления магазина. Эта система работала удовлетворительно. Однако она была громоздкой, нуждалась в установке вентиляторов для перемещения большого количества воздуха, что приводило к высоким первоначальным и эксплуатационным расходам, воздух не фильтровался. Часто для этих систем использовали электродвигатели мощностью 7 кВт и выше.

В связи с указанными недостатками были разработаны и испытаны другие варианты систем. Один вариант заключался

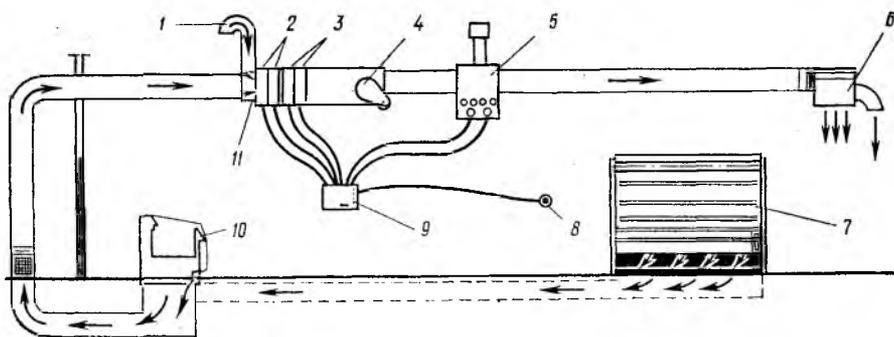


Рис. 305. Система регенерации тепла:

1 — короб подачи свежего воздуха; 2 — секции охлаждения; 3 — секции регенерации тепла; 4 — вентилятор камеры обработки воздуха; 5 — электронагреватель; 6 — решетка для нагнетания кондиционированного воздуха в переднюю часть магазина; 7, 10 — прилавки; 8 — реле температуры и влажности; 9 — панель управления; 11 — воздушносмесительная камера.

в использовании многосекционного конденсатора с торцевыми и байпасными заслонками на обеих сторонах. Иногда применяли двухскоростные вентиляторы, так как в зимнее время не требовалось большого количества воздуха, охлаждающего конденсатор. Основным недостатком заключался в том, что здание должно было иметь специальную планировку для обеспечения возможности применения такой системы (рис. 305).

Метод применения замкнутой системы охлаждения воды. В северо-западных районах США уже много лет применяют замкнутую систему охлаждения воды для конденсатора холодильного агрегата. Эта система была использована в схеме циркуляции горячей воды через змеевик в камере обработки воздуха, специально установленной для отвода тепла от воды и передачи его в атмосферу магазина в зимнее время. В летнее время трехходовой вентиль изолирует этот змеевик и вода охлаждается в испарительном конденсаторе, а тепло рассеивается в окружающей атмосфере.

На первый взгляд, эта схема имеет определенные достоинства. Однако дальнейшие исследования показали, что расходы на электроэнергию очень высокие. В таких системах, где используется водяной насос мощностью 3,7; 5,6 или 7,4 кВт, слишком высока стоимость его эксплуатации. Кроме того, в замкнутой системе циркулирующая вода имеет температуру 37,8 °С или ниже, а источник тепла с температурой 37,8 °С не удовлетворяет потребности магазина из-за слишком низкого потенциала. Предпринимались попытки увеличить давление нагнетания в целях повышения температуры воды для обеспечения комфортных условий в помещениях магазина. Высокие давления нагнетания привели к большому объему обслуживания и значительной стоимости охлаждения.

Метод применения двух конденсаторов. Любое решение имеет свои недостатки, однако оно является одновременно и компромиссом. Метод попеременного включения двух конденсаторов имеет наименьшее количество недостатков.

В соответствии с этим методом для летнего охлаждения воздуха используется один или несколько воздушных конденсаторов, монтируемых отдельно. В летнее, самое тяжелое, время года холодильное оборудование работает с двумя конденсаторами, чем обеспечивается его максимальная эффективность. В зимнее время через байпасный вентиль парообразный хладагент подается мимо основного конденсатора в дополнительный змеевик, который расположен в системе обработки воздуха магазина.

На рис. 306 представлена система, показывающая взаимосвязь испарителя кондиционера, вентиляторов, фильтра, змеевика регенерации тепла и воздухонагревателя. Змеевик регенерации тепла может быть однорядным или многорядным в зависимости от количества компрессорно-конденсаторных аг-

регатов, от которых осуществляется регенерация тепла. Присоединение трубопроводов от шести компрессорно-конденсаторных агрегатов к такому змеевику довольно простое. Прокладка трубопроводов от восьми или десяти агрегатов также имеет приемлемое решение, но в случае регенерации тепла от более чем двенадцати компрессорно-конденсаторных агрегатов такая система становится непрактичной.

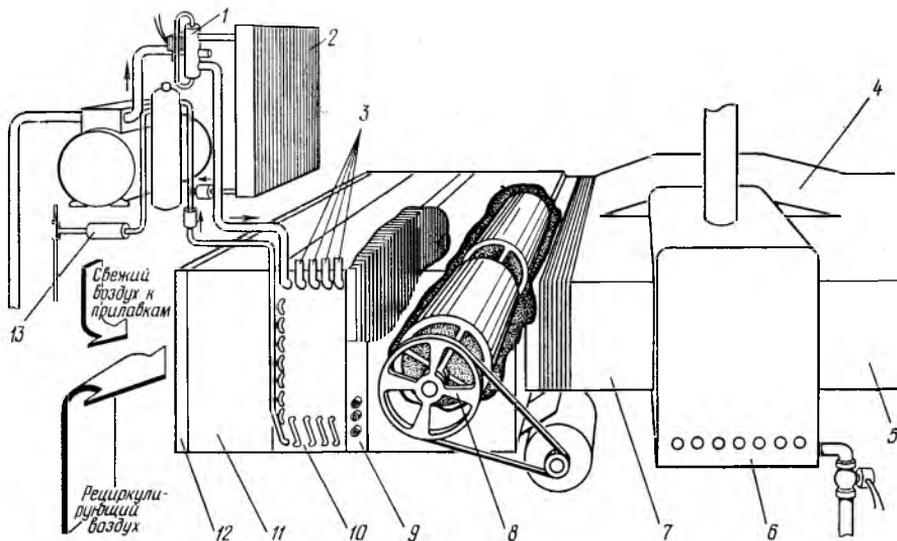


Рис. 306. Система регенерации тепла посредством применения двух конденсаторов:

1 — управляющий байпасный вентиль горячего пара; 2 — конденсатор; 3 — другие линии регенерации тепла; 4 — байпасная линия нагревателя; 5 — воздушный канал к магазину; 6 — секция дополнительного газового (или мазутного) нагрева; 7 — секция изолирующего вентилятора; 8 — вентилятор; 9 — секция дополнительного электрообогрева; 10 — многорядный змеевик регенерации тепла; 11 — секция змеевика кондиционера; 12 — секция фильтра; 13 — обратный клапан.

Тем не менее независимо от количества эксплуатируемых агрегатов тепло регенерируется при минимальных расходах. Давление нагнетания поддерживается на оптимально низком уровне, но не на столько низком, чтобы возникли трудности, связанные с производством холода. Температура пара, циркулирующего через змеевик регенерации, высокая (66 °С или выше). Нет расходов на передачу тепла, кроме тех, которые требуются в нормальных условиях, так как вентилятор в секции кондиционирования воздуха должен распределять воздух даже без оборудования для регенерации тепла. Когда работает система регенерации тепла, вентиляторы конденсаторов или водяные насосы отключены на каждом втором конденсаторе, смонтированном отдельно.

На рис. 305 представлена схема регенерации тепла, используемая в продовольственном магазине. Здесь показаны подача свежего воздуха в каналы рециркуляции, а также камеры обработки воздуха по всему магазину. В связи с этим необходимо подчеркнуть два важных момента. В большинстве случаев можно утверждать, что наилучший нагрев, кондиционирование и распределение воздуха в магазине обеспечиваются при непрерывной работе вентилятора в камере обработки воздуха.

Второй важный момент заключается в следующем. При утечке воздуха из здания через различные неплотности (щели) может нарушиться регулирование распределения воздуха в магазине. В зимнее время холодный воздух проникает через щели в здание. Поэтому щели в здании следует устранить, а поступление свежего воздуха регулировать.

Трубопроводы в торговом холодильном оборудовании

Хорошая система трубопроводов обеспечивает максимальную производительность установки, ее экономичность, нормальный возврат масла, минимальный расход мощности, минимальную потребность в хладагенте, низкий уровень шума, нормальное регулирование потока хладагента, гибкость в регулировании производительности установки от 0 до 100 %. Очевидно, что невозможно удовлетворить все указанные требования, так как некоторые из них противоречат друг другу. Для правильного решения этого вопроса конструктор должен иметь четкое представление о влиянии конфигурации трубопроводов на работу различных узлов системы.

Перепад давлений. Вообще, перепад давлений снижает производительность системы и увеличивает расход мощности, потребляемой компрессором. Необходимо поэтому избегать чрезмерного перепада давлений. Узел системы влияет на допустимый перепад давлений. Каждая часть системы должна рассматриваться в отдельности. Разработано большое количество диаграмм и таблиц, в которых приведены перепады давлений в холодильных трубопроводах в зависимости от величины производительности при определенных давлениях и температуре.

Конструктор должен осознавать, что имеется несколько факторов, которые влияют на размер трубопроводов хладагента и перепад давлений не является единственным критерием, используемым при расчете и конструировании системы. Часто требуется, чтобы определяющим фактором была интенсивность потока хладагента в системе, а не перепад давлений. Кроме того, многие трудности могут возникнуть в системе из-за неудовлетворительного возврата масла. Оптимальный перепад давлений более предпочтителен, чем излишне большие трубопроводы, в которых зарядка хладагента может значительно

превышать требуемую для данной системы величину. В результате избыточной зарядки агента могут возникнуть серьезные трудности в регулировании его потока, а инерционный эффект от циркуляции большого количества хладагента на стороне низкого давления может послужить причиной неустойчивой работы регулятора потока хладагента.

Диаметр патрубка на вентиле компрессора или на испарителе, конденсаторе или другом узле системы не обуславливает правильный диаметр трубопровода хладагента. Изготовители оборудования выбирают размер вентиля или патрубка на основании его использования в установке средней производительности, а также с учетом других факторов, например назначения и длины соединительных трубопроводов, типа регулирования системы, колебаний в нагрузке и пр. Трубопроводы хладагента могут быть больше или меньше присоединительных элементов системы. В таких случаях необходимо пользоваться редуцирующими устройствами.

Возврат масла. Небольшое количество масла постоянно циркулирует в системе для обеспечения соответствующей смазки цилиндров компрессора. Масло, используемое в холодильных системах, растворяется в жидком хладагенте и при нормальной температуре полностью смешивается с ним. Масло и пар хладагента, однако, смешиваются хуже, и масло может циркулировать через систему только в том случае, если интенсивность потока пара хладагента достаточно высока для переноса масла. Для обеспечения циркуляции масла необходимо поддерживать соответствующую интенсивность потока хладагента не только во всасывающем и нагнетательном трубопроводах, но также и в испарителе.

Несколько факторов обуславливают неудовлетворительный возврат масла при низкой температуре кипения. По мере снижения давления всасывания и уменьшения плотности пара с хладагентом меньше циркулирует масла. В то же время при снижении давления всасывания степень сжатия увеличивается и производительность компрессора снижается, а масса циркулирующего хладагента уменьшается. Холодильное масло становится очень густым при температуре ниже -18°C . Однако, пока масло находится в смеси с достаточным количеством хладагента, оно течет свободно. Вязкость смеси увеличивается по мере увеличения содержания масла.

В условиях низких температур воздействует несколько факторов, и в результате может создаться критическое положение. Плотность пара хладагента уменьшается, интенсивность потока снижается, и увеличивается аккумуляция масла в испарителе. С увеличением плотности смеси хладагента и масла оно может осесть в испарителе и не вернуться в компрессор. В неудовлетворительно сконструированных системах имеются значительные колебания уровня масла в картере компрессора.

Таблица 20. Эквивалентная длина (в м) прямолинейного трубопровода для вентилей и другой арматуры

Наружный диаметр трубопровода, мм	Шаровой вентиль	Угловой вентиль	Колено 90°	Колено 45°	Т-образный трубопровод	Т-образный патрубок
12,7	2,74	1,52	0,27	0,12	0,18	0,61
15,9	3,66	1,83	0,3	0,15	0,24	0,76
22,2	4,57	2,44	0,46	0,21	0,3	1,07
28,6	6,71	3,66	0,55	0,27	0,46	1,37
34,9	8,53	4,57	0,73	0,37	0,55	1,83
41,3	10,67	5,18	0,85	0,43	0,61	2,13
54	13,72	6,71	1,19	0,55	0,91	3,05
66,7	15,54	7,92	1,4	0,67	10,67	3,66
79,4	19,81	10,36	1,68	0,82	13,72	4,57
92,1	24,38	12,19	1,98	0,91	15,24	5,18

Задержку масла в испарителе можно значительно уменьшить при соответствующей интенсивности потока хладагента и правильной конструкции испарителя даже при очень низкой температуре кипения. В нормальных условиях маслоотделители необходимы при температурах кипения ниже -45°C для снижения до минимума количества циркулирующего масла.

Эквивалентная длина трубопровода. Каждый клапан или вентиль, единица арматуры и изгиб на трубопроводе хладагента способствуют возникновению перепада давлений из-за трения вследствие нарушения свободного течения хладагента или образования препятствия на его пути. В связи с трудностями расчета перепада давлений в каждой отдельной единице арматуры практикуется расчет эквивалентной длины прямолинейного трубопровода. Это позволяет учитывать всю длину прямолинейного трубопровода, включая арматуру. Таблицы и диаграммы перепада давлений и размеров трубопровода основаны на величине перепада давлений на 30,4 м прямолинейного трубопровода, в связи с чем применение понятия эквивалентной длины позволяет непосредственно пользоваться этими данными (табл. 20).

Для точного определения перепада давлений необходимо рассчитать эквивалентную длину для каждой единицы арматуры. На практике опытный конструктор систем трубопроводов может сделать расчет допуска в процентах, если только трубопроводная система не очень сложная. Для больших секций трубопровода, например 30 м и более, допуск может быть равен 20—30 % действительной длины, для коротких отрезков трубопровода — 50—70 % и более. Для обеспечения большей точности расчеты необходимо часто проверять.

Диаграммы перепада давлений. Составлены диаграммы, которые показывают перепад давлений в трубопроводах для хладагентов. На рис. 307, 308 и 309 даны диаграммы для хладаген-

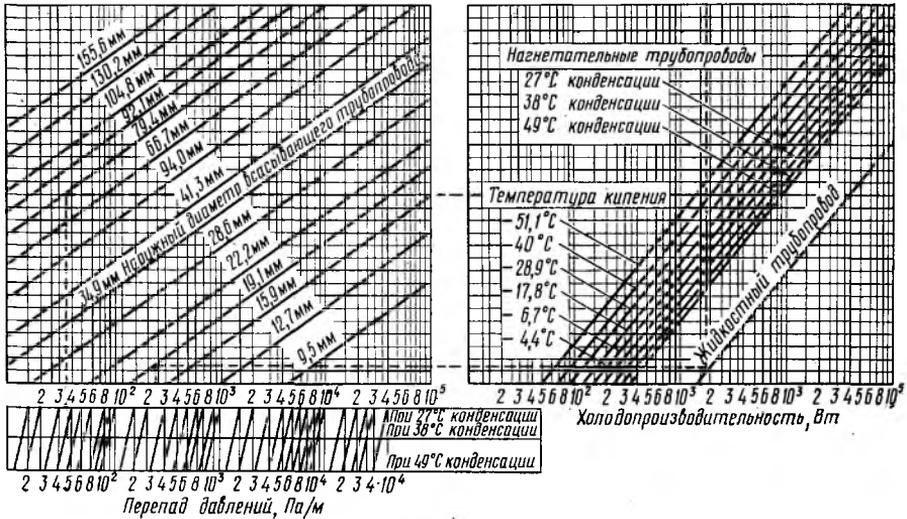


Рис. 307. Перепад давлений хладагента R12 в трубопроводах (температура на выходе из испарителя 18,3 °С).

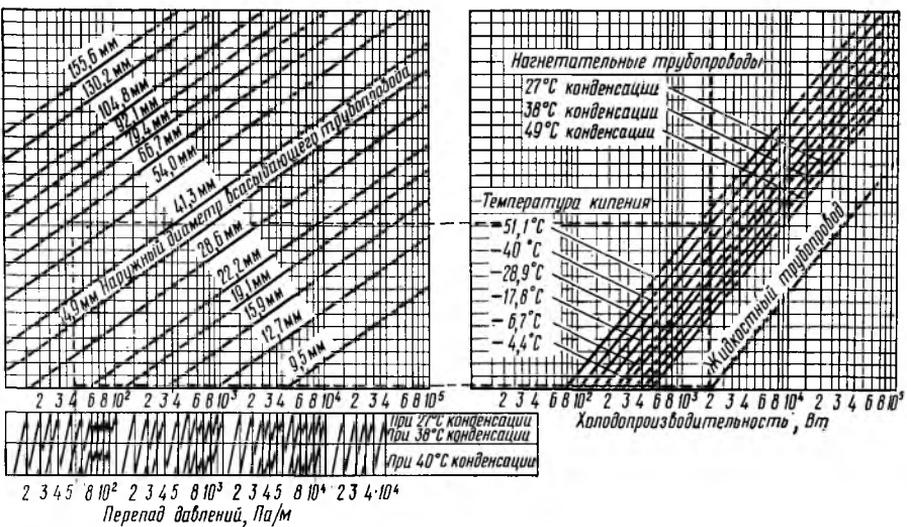


Рис. 308. Перепад давлений холодильного агента R22 в трубопроводах (температура на выходе из испарителя 18,3 °С).

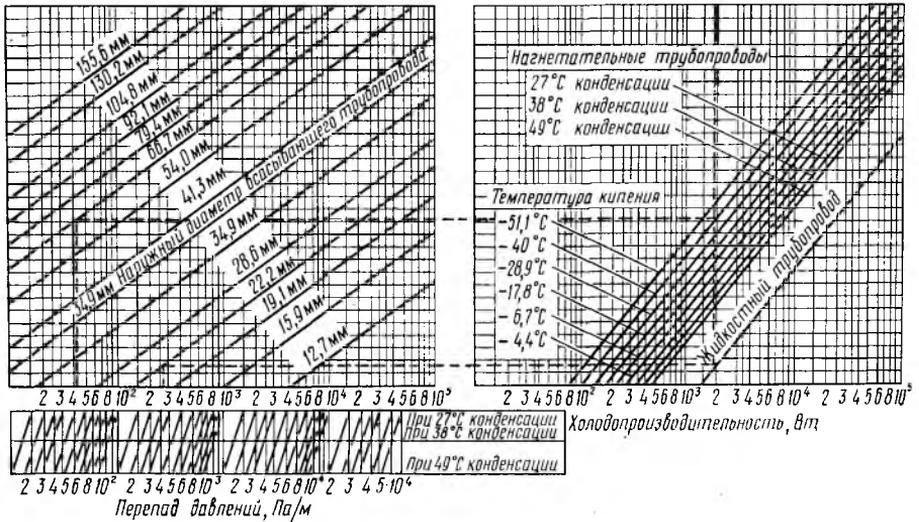


Рис. 309. Перепад давлений холодильного агента R502 в трубопроводах (температура на выходе испарителя 18,3 °С).

тов R12, R22 и R502. Перепад давлений в нагнетательном, всасывающем и жидкостном трубопроводах может быть определен из этих диаграмм для температур конденсации в диапазоне от 27 до 49 °С.

При пользовании диаграммой работу с ней начинают с правого верхнего угла, т. е. находят заданную холодопроизводительность. Из точки требуемой холодопроизводительности проводят вниз вертикальную линию до пересечения с диагональной линией, представляющей требуемую температуру кипения хлад-агента. Затем следуют по горизонтали налево. Вертикальная линия вниз от точки пересечения с каждым размером медного трубопровода до линии расчетной температуры конденсации позволяет определить непосредственно на диаграмме перепад давлений (в Па) на 1 м длины трубопровода. Диагональные линии перепада давлений в низу диаграммы показывают изменение перепада давлений при разных температурах конденсации.

Например, штриховая линия на рис. 312 приведена в качестве примера определения перепада давлений для всасывающего трубопровода в системе с расчетной производительностью 19,4 кВт при температуре кипения $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Указанный всасывающий трубопровод диаметром 66,7 мм имеет перепад давлений 48,5 Па на 1 м длины при температуре конденсации $29\text{ }^{\circ}\text{C}$, при той же величине производительности и температуре конденсации $38\text{ }^{\circ}\text{C}$ перепад давлений составляет 58 Па на 1 м длины, при температуре конденсации $49\text{ }^{\circ}\text{C}$ — 71 Па на 1 м длины.

Таким образом, определяют перепад давлений для трубопровода любого размера и при различных эксплуатационных условиях.

Нагнетательные трубопроводы. Перепад давлений в нагнетательном трубопроводе является, вероятно, менее значимым фактором, чем в любой другой части системы. Часто считают, что давление нагнетания и давление конденсации одинаковы. На самом деле — это два различных давления. Давление нагнетания превышает давление конденсации на величину перепада давлений в нагнетательном трубопроводе. Наличие перепада давлений в нагнетательном трубопроводе может существенно увеличить давление нагнетания, но оказать незначительное влияние на давление конденсации. Несмотря на то что имеется небольшое увеличение теплоты сжатия при повышении давления нагнетания, объем нагнетаемого пара немного уменьшается из-за снижения коэффициента подачи компрессора. Поэтому общее количество тепла, которое должно быть рассеяно через конденсатор, может быть относительно неизменным, а температура и давление конденсации — постоянными, несмотря на перепад давлений в нагнетательном трубопроводе. Однако перепад давлений может вызвать значительные колебания давления нагнетания.

Работа типового компрессора на R22 с воздушным конденсатором в условиях кондиционирования воздуха показывает, что на каждые 35 кПа перепада давлений в нагнетательном трубопроводе производительность компрессора снижается менее чем на 0,5 %, а потребляемая мощность увеличивается приблизительно на 1 %. Типовой низкотемпературный компрессор, работающий на R502 с воздушным конденсатором, теряет примерно 1 % производительности на каждые 35 кПа перепада давлений, а потребляемая мощность изменится незначительно или остается постоянной.

Необходимо помнить, что перепад давлений в нагнетательном трубопроводе на величину до 35 кПа оказывает незначительное влияние на работу системы. Перепад давлений до 70 кПа почти не влияет на работу системы, если поверхность конденсатора позволяет поддерживать требуемое давление конденсации.

Некоторый перепад давлений часто необходим в нагнетательном трубопроводе для демпфирования пульсации пара в компрессоре при нагнетании. Эффективность работы некоторых глушителей на нагнетательных трубопроводах зависит от перепада давлений в них.

Обычно не возникает никаких проблем с нагнетательным трубопроводом компрессорно-конденсаторного агрегата заводской готовности. Для систем, смонтированных на месте эксплуатации, с отдельно установленным конденсатором, необходимо выбирать размер трубопровода.

В связи с тем что в нагнетательном трубопроводе проходит хладагент с высокой температурой, циркуляция масла через горизонтальные и вертикальные участки трубопровода осуществляется удовлетворительно при низкой интенсивности потока хладагента. Перемещение масла в вертикальных трубопроводах зависит от скорости потока пара около стенки трубопровода. Чем больше диаметр трубопровода, тем выше должна быть скорость в центре трубопровода для поддержания заданной скорости около поверхности стенки. На рис. 310 и 311 даны

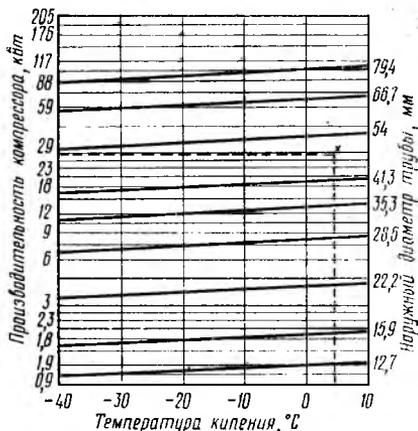


Рис. 310. Максимальные рекомендуемые размеры вертикальных нагнетательных трубопроводов для нормального возврата масла в системах, работающих на R12.

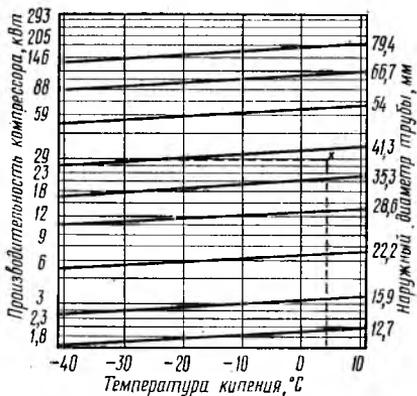


Рис. 311. Максимальные рекомендуемые размеры вертикальных нагнетательных трубопроводов для нормального возврата масла в системах, работающих на R22 и R502.

максимальные рекомендуемые размеры вертикальных нагнетательных трубопроводов для обеспечения нормального возврата масла в зависимости от производительности компрессора. Колебания при различных температурах конденсации невелики, поэтому указанные размеры трубопроводов действительны для агрегатов с водяным и воздушным охлаждением конденсатора.

Если горизонтальные трубопроводы имеют уклон в сторону потока хладагента, равный, по крайней мере, 4 мм на 1 м длины, то обычно нет никаких затруднений с циркуляцией масла при низкой скорости потока хладагента. Однако в связи с тем, что в вертикальных нагнетательных трубопроводах скорость потока должна быть более низкой, рекомендуется размеры горизонтальных и вертикальных нагнетательных трубопроводов по возможности определять на одинаковой основе.

Для демонстрации использования диаграммы принимаем, что установка работает на R12 при температуре кипения 4,4 °C

и имеет производительность 29,2 кВт. Пересечение линий производительности и температуры кипения в точке x (см. рис. 310) показывает расчетную величину. В связи с тем что эта точка ниже линии наружного диаметра 54 мм, максимальный размер, обеспечивающий возврат масла вверх по вертикальному трубопроводу, указан на линии, показывающей наружный диаметр 41,3 мм.

Циркуляция масла в нагнетательных трубопроводах обычно представляет проблему только в установках, в которых имеют место значительные колебания производительности. Например, система кондиционирования воздуха может иметь ступени регулирования производительности, позволяющие работать при малой нагрузке с производительностью, равной 25 или 33 % от расчетной. Такое же явление может наблюдаться в торговом холодильном оборудовании, где регулирование производительности осуществляется посредством циклической работы параллельно соединенных компрессоров. В таких случаях выбирают такой размер вертикального нагнетательного трубопровода, который позволяет поддерживать скорости выше минимально допустимого уровня, требуемого для соответствующей циркуляции масла в условиях наименьшей нагрузки.

Рассмотрим систему кондиционирования воздуха, работающую на R12 и имеющую максимальную расчетную производительность 88 кВт со ступенями снижения производительности до 66 %. При производительности 88 кВт масло поступает вверх по вертикальному трубопроводу с наружным диаметром 66,7 мм при небольшой нагрузке. Однако когда производительность системы будет равна 29,2 кВт, потребуется вертикальный трубопровод с наружным диаметром 41,3 мм. Трубопровод с наружным диаметром 41,3 мм при максимальной нагрузке будет иметь перепад давлений, равный приблизительно 91 Па на 1 м длины, если температура конденсации составляет 49 °С. При общей эквивалентной длине трубопровода более 45,6 м для поддержания общего перепада давлений в необходимых пределах горизонтальный трубопровод должен иметь диаметр 54 мм, в результате чего перепад давлений будет несколько выше 22,7 Па/м.

Широкий диапазон размеров трубопроводов, основанный на допустимых величинах перепада давлений, позволяет сделать правильный выбор нагнетательного трубопровода, избежав необходимости применить двойной вертикальный трубопровод. Если в работающую систему вносятся какие-либо усовершенствования, в результате чего используемый нагнетательный трубопровод становится слишком большим при небольшой нагрузке на систему, то устанавливают маслоотделитель.

Другим ограничивающим фактором при выборе размера нагнетательного трубопровода является избыточная скорость движения хладагента, которая может быть причиной шума. При

скорости 15,2 м/с или более может возникнуть сильный шум. Поэтому максимальная скорость потока хладагента должна быть значительно ниже этой величины. На рис. 312 и 313 даны эквивалентные скорости потока пара хладагента в нагнетательном трубопроводе в зависимости от его диаметра при различной производительности систем кондиционирования воздуха и холодильных установок.

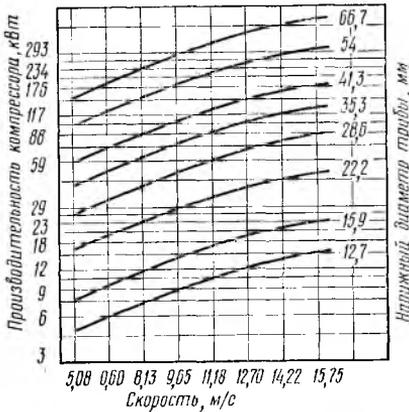


Рис. 312. Скорость движения потока R22 и R502 в нагнетательном трубопроводе при различной производительности.

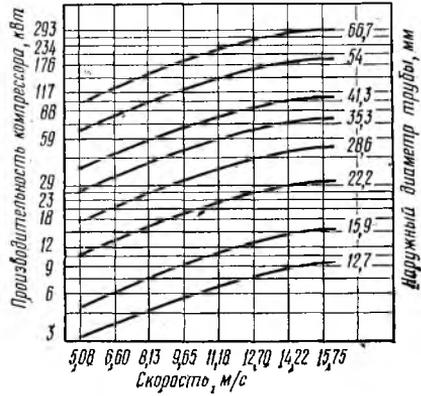


Рис. 313. Скорость движения потока R12 в нагнетательном трубопроводе при различной производительности.

Жидкостные трубопроводы. В связи с тем что жидкий хладагент и масло смешиваются полностью, скорость потока смеси в жидкостном трубопроводе не имеет значения для циркуляции масла. Главным фактором, который необходимо учитывать при выборе размера трубопровода, является соответствующее давление хладагента перед регулирующим вентилем. Если давление жидкого хладагента опускается до величины, при которой его температура ниже температуры насыщения, часть жидкости мгновенно испаряется, охлаждая оставшийся жидкий хладагент до более низкой температуры насыщения.

Дроссельный пар отрицательно влияет на работу системы, так как он увеличивает перепад давлений вследствие трения, уменьшает производительность регулятора потока, корродирует иглу регулирующего вентиля и его седло, может быть причиной избыточного шума и неустойчивой подачи жидкого хладагента в испаритель.

Для обеспечения нормальной работы системы необходимо, чтобы температура хладагента, поступающего в регулятор потока, была несколько ниже температуры насыщения. В боль-

шинстве установок жидкий хладагент достаточно переохлаждается в конденсаторе. Однако величина переохлаждения зависит от конкретных условий эксплуатации установки.

В агрегатах с воздушным и в большинстве агрегатов с водяным охлаждением конденсатора температура жидкого хладагента обычно выше температуры окружающей среды, поэтому нет поступления тепла в жидкость. Единственной причиной, которая может привести к вскипанию жидкости, является перепад давлений в жидкостном трубопроводе. Кроме снижения давления из-за трения при течении хладагента через трубопровод образуется перепад давлений, эквивалентный напору столба жидкости, при подаче жидкого хладагента вверх по вертикальному трубопроводу. Напор столба 1 м жидкого хладагента приблизительно эквивалентен давлению 12 кПа. Например, если конденсатор или ресивер размещены в подвале здания и из них жидкий хладагент должен поступать в испаритель, расположенный тремя этажами выше или примерно на высоте 9 м, в конструкции системы необходимо предусмотреть для преодоления давления столба жидкости перепад давлений, равный 0,1 МПа.

При использовании испарительных или водяных конденсаторов, в которых температура конденсации ниже температуры окружающей среды, или в любом другом случае следует избегать, чтобы жидкостные трубопроводы проходили через горячие зоны, например котельные помещения или доменные цехи. Если система не сконструирована соответствующим образом, переохлажденная в конденсаторе жидкость нагревается в ресивере или жидкостном трубопроводе. При работе с испарительным конденсатором, когда имеются ресивер и змеевик переохлаждения, рекомендуется, чтобы поток хладагента направлялся от конденсатора к ресиверу, а затем к змеевику переохлаждения. В исключительных случаях может возникнуть необходимость в теплоизоляции ресивера и жидкостного трубопровода.

В типовом компрессорно-конденсаторном агрегате с обычным ресивером вполне вероятно незначительное переохлаждение жидкости, если ресивер не заполнен почти полностью жидким хладагентом. Пар, находящийся в ресивере, будет конденсироваться при контакте с переохлажденной жидкостью, и это постепенно приведет хладагент к состоянию насыщения.

При нормальной температуре конденсации действительна зависимость между величиной переохлаждения и соответствующим изменением давления насыщения.

Зависимость между переохлаждением жидкого хладагента на 1 °С и давлением насыщения приведена ниже.

Хладагент	R12	R22	R502
Эквивалентное изменение давления насыщения, кПа	21	34	36

Например, переохлаждение R12 на 3 °С позволяет работать с перепадом давлений 64 кПа, R22 — 102 кПа, R502 — 108 кПа без мгновенного испарения хладагента в жидкостном трубопроводе. Для предыдущего примера с размещением компрессорно-конденсаторного агрегата в подвале и вертикальной подачей хладагента на высоту 9 м, что соответствует примерно 0,1 МПа, требуемое переохлаждение только для преодоления влияния напора жидкости будет равно 4,72 °С при работе на R12, 3,06 °С — при работе на R22 и 2,92 °С — при работе на R502.

Нужное переохлаждение обеспечивается конденсатором, но для системы с очень высокими вертикальными трубопроводами может возникнуть необходимость применения теплообменника. Когда имеются длинные трубопроводы хладагента и температура всасываемого пара в компрессорно-конденсаторном агрегате приближается к комнатной, теплообменник около конденсатора может не обеспечить достаточную разность температур охлаждаемой жидкости. В таком случае возникает необходимость в индивидуальных теплообменниках для каждого испарителя.

В исключительных случаях, когда требуется значительное переохлаждение, можно использовать следующие способы. Специальный теплообменник с отдельным регулирующим вентилем обеспечивает максимальное охлаждение хладагента без ухудшения работы системы. Можно также снизить производительность конденсатора, в результате чего при более высокой рабочей температуре конденсации жидкость переохлаждается больше. Для преодоления значительного перепада давлений используют также насосы для жидкого хладагента.

Перепад давлений в жидкостном трубопроводе не вызывает увеличения потребляемой мощности, а производительность системы снижается из-за потерь на трение в жидкостном трубопроводе незначительно. В связи с этим перепад давлений в жидкостном трубопроводе вследствие трения составляет величину 21—35 кПа. Однако, когда имеется соответствующее переохлаждение, можно удовлетворительно работать со значительно более высоким перепадом давлений. В общую величину трения входят потери в трубопроводе из-за таких элементов, как электромагнитные вентили, фильтры-осушители и ручные вентили.

Для уменьшения зарядки хладагента до минимума жидкостные трубопроводы практически могут быть меньшего размера. В большинстве систем разумным является определение размера жидкостного трубопровода на основе перепада давлений, эквивалентного 1,11 °С переохлаждения.

Ограничение скорости потока в жидкостном трубопроводе возможно из-за повреждения трубопровода при гидравлическом ударе, вызываемого быстрым закрытием электромагнитного вентиля. При использовании этих вентилях необходимо избегать

скорости движения потока выше 1,52 м/с. Если на жидкостном трубопроводе нет электромагнитных вентилей, то скорость движения потока хладагента может быть выше. На рис. 314 даны различные скорости движения хладагента в жидкостном трубопроводе в зависимости от перепада давлений и размеров трубопровода.

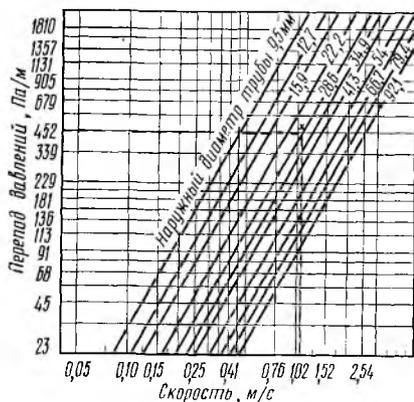


Рис. 314. Скорость движения потока в жидкостном трубопроводе при различных перепадах давлений.

Всасывающие трубопроводы. С точки зрения разработки конструкции и конфигурации системы определение размера всасывающего трубопровода имеет большее значение, чем других трубопроводов. Любой перепад давлений, возникающий из-за трения, приводит к снижению давления хладагента у всасывающего вентиля компрессора по сравнению с давлением на выходе из испарителя. При снижении давления всасывания количество хладагента, перекачиваемого компрессором,

уменьшается. Например, типовой низкотемпературный компрессор, работающий на R502 при температуре кипения -40°C , теряет почти 6% номинальной производительности на каждые 7 кПа перепада давлений во всасывающем трубопроводе.

В практике конструирования принято, что перепад давлений во всасывающем трубопроводе равен изменению температуры насыщения на $1,11^{\circ}\text{C}$. В табл. 21 приведены эквивалентные перепады давлений для различных рабочих условий.

Поддержание соответствующей скорости движения потока хладагента для обеспечения возврата смазочного масла в компрессор также имеет важное значение при определении размера трубопроводов. Исследования показали, что масло становится очень вязким в системе, когда всасываемый пар нагревается на несколько градусов выше температуры кипения, в результате чего масло не насыщается больше хладагентом. Движение масла через всасывающий трубопровод зависит от массы и интенсивности потока всасываемого пара.

Таблица 21. Перепад давлений (в кПа), эквивалентный изменению температуры насыщения на $1,11^{\circ}\text{C}$, при различных температурах кипения хладагента

Температура кипения, $^{\circ}\text{C}$	R12	R22	R502
7,2	140	210	230
-6,7	90	150	170
-17,8	70	120	130
-40	40	60	70

С уменьшением массы или плотности хладагента для перемещения масла требуется более высокая скорость движения потока.

В качестве стандартных величин рекомендуются с успехом применяемые в течение многих лет минимальные скорости движения потока хладагента в горизонтальных всасывающих трубопроводах 3,53 м/с и в вертикальных 7,5 м/с.

Для обеспечения большей точности при определении размера трубопровода рассчитаны и построены графики определения максимальных рекомендуемых диаметров вертикальных всасывающих трубопроводов на основе скорости движения потока пара (рис. 315 и 316). На рис. 317 и 318 приведены графики определения максимальных диаметров горизонтальных всасывающих трубопроводов для холодильных установок, работающих на хладагентах R22, R502 и R12.

В качестве примера принимаем, что система, работающая на R12 при температуре кипения 4,4 °С, имеет производительность 29,2 кВт. Из графика (рис. 315) видно, что для обеспечения соответствующего возврата масла вертикальный трубопровод должен иметь наружный диаметр 54 мм (точка пересечения линий температуры кипения и производительности).

Даже в том случае, если система имеет значительно большую расчетную производительность, размер всасывающего трубопровода должен быть выбран, исходя из минимальной предполагаемой производительности при малой нагрузке с учетом максимального снижения производительности под действием регулятора производительности (если такой прибор используется в данной системе).

В качестве правила следует принять, что скорость движения потока во всасывающем трубопроводе должна быть как можно выше при максимально допустимом перепаде давлений. Однако скорость движения потока пара не должна быть ниже минимального уровня, требуемого для возврата масла в компрессор. Рекомендуется выбирать всасывающий трубопровод по общему перепаду давлений, эквивалентному изменению температуры насыщения на 1,11 °С. Необходимо всегда поддерживать соответствующую скорость движения хладагента для возврата смазочного масла в компрессор, даже если в результате образуется более высокий перепад давлений, чем это желательно в нормальных условиях.

Двухтрубные всасывающие линии. В установках с компрессорами, имеющими регуляторы производительности, или с параллельно соединенными компрессорами, которые отключаются для регулирования производительности, однотрубные всасывающие вертикальные линии могут быть причиной неприемлемо высокой или низкой скорости движения газа. Если трубопровод рассчитан на малую нагрузку, то при максимальной нагрузке перепад давлений в нем может быть слишком высо-

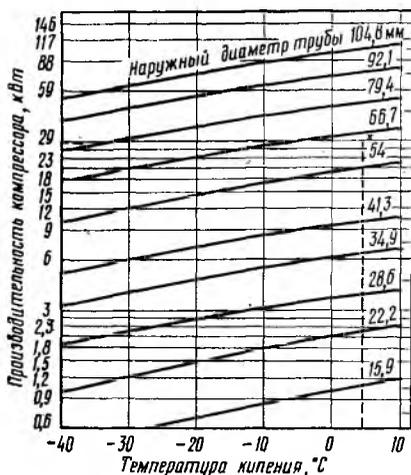


Рис. 315. Зависимость максимальных рекомендуемых размеров вертикального всасывающего трубопровода от производительности компрессора и температуры кипения R12.

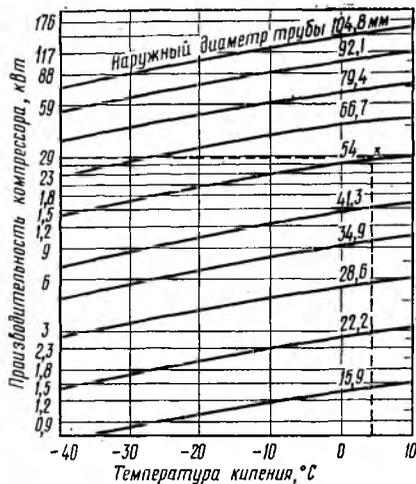


Рис. 316. Зависимость максимальных рекомендуемых размеров вертикального всасывающего трубопровода от производительности компрессора и температуры кипения R22 и R502.

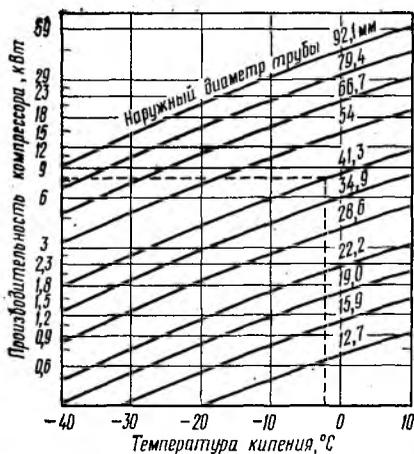


Рис. 317. Зависимость максимальных рекомендуемых размеров горизонтального всасывающего трубопровода от производительности компрессора и температуры кипения R12.

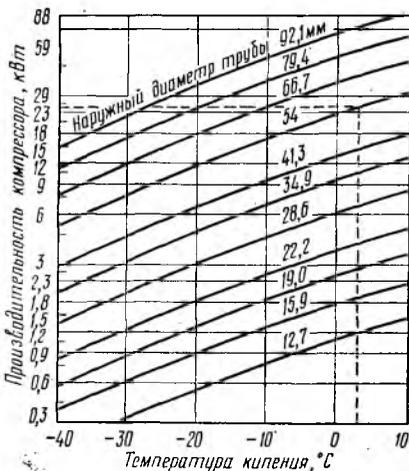


Рис. 318. Зависимость максимальных рекомендуемых размеров горизонтального всасывающего трубопровода от производительности компрессора и температуры кипения R22 и R502.

ким. Если трубопровод рассчитан на полную нагрузку, то скорости движения потока могут быть недостаточными для перемещения масла. В установках кондиционирования воздуха, где несколько больший перепад давлений в условиях максимальной нагрузки не оказывает какого-либо значительного влияния на работу системы, обычно применяют однотрубные всасывающие линии. Однако в средне- и низкотемпературных системах, когда перепад давлений больше влияет на работу установки и отдельные вертикальные трубопроводы испарителей нежелательны, следует использовать двухтрубную линию. Она способствует предотвращению избыточной потери производительности.

Две линии вертикального трубопровода должны иметь такую суммарную площадь поперечного сечения, которая была бы эквивалентна площади поперечного сечения одной линии вертикального трубопровода, обеспечивающего удовлетворительную скорость движения потока газа и допустимый перепад давлений в условиях максимальной нагрузки (рис. 319). Обе линии обычно имеют разные размеры, причем больший по диаметру трубопровод снабжен отделителем. Меньшая по диаметру линия должна обеспечивать соответствующую скорость движения потока и допустимый перепад давлений при минимальной нагрузке.

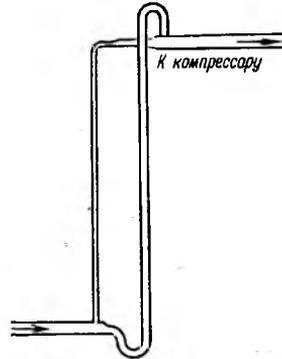


Рис. 319. Всасывающая двухтрубная линия.

При работе в условиях максимальной нагрузки газ и унесенное масло проходят через оба трубопровода. В условиях минимальной нагрузки скорость движения газа будет недостаточной для перемещения масла вверх по обеим линиям. Унесенное масло выпадает из потока газообразного хладагента и накапливается в Р-образном отделителе, образуя гидравлическое уплотнение. В результате весь поток направится вверх по линии меньшего диаметра, причем скорость движения потока увеличится и масло будет циркулировать через всю систему.

В качестве примера рассмотрим низкотемпературную систему со следующими характеристиками.

Производительность, кВт	
максимальная	44
минимальная	14,6
Хладагент	R502
Температура кипения, °С	—40
Эквивалентная длина трубопровода, м	
горизонтального	38
вертикального	7,6
Требуемый расчетный перепад давлений (эквивалентный 1,11 °С), кПа	7

Предварительная проверка по графику перепада давлений при работе на R502 показывает, что секция трубопровода длиной 45,6 м при производительности компрессора 44 кВт и общем перепаде давлений, приблизительно равном 7 кПа, должна иметь наружный диаметр 79,4 мм (см. рис. 311). Горизонтальный всасывающий трубопровод может иметь наружный диаметр 92 мм при минимальной производительности 14,6 кВт (см. рис. 318). Однако на рис. 318 видно, что максимальный наружный диаметр вертикального трубопровода равен 53,97 мм. Рассматривая снова график, представленный на рис. 311, получаем, что при производительности 44 кВт перепад давлений в трубопроводе с наружным диаметром 53,4 мм равен 90,6 Па на 1 м всасывающего вертикального трубопровода. Очевидно, что или следует допустить больший перепад давлений при условиях максимальной нагрузки, или применить двухтрубную всасывающую линию.

Если перепад давлений должен быть минимальным, необходимо определить размер двухтрубной линии. При режиме максимальной нагрузки в вертикальном трубопроводе с наружным диаметром 79,37 мм поддерживается соответствующая скорость движения потока, поэтому для двухтрубной линии можно комбинировать размеры трубопроводов с приближением суммарного наружного диаметра к 79,4 мм. Площади поперечного сечения рассматриваемых линий должны быть следующими:

Наружный диаметр, мм	79,4	66,7	53,4	41,3
Площадь поперечного сечения, см ²	42,82	30,76	19,99	11,48

При минимальной нагрузке 14,6 кВт в трубопроводе с наружным диаметром 41,3 мм перепад давлений будет приблизительно равен 3,5 кПа и обеспечит приемлемую скорость движения потока. Поэтому для двухтрубной линии необходимо комбинировать трубопроводы с наружными диаметрами 66,7 и 41,3 мм.

Таким же образом можно рассчитывать двухтрубную линию для максимальной и минимальной производительности, если однострубая линия не удовлетворяет требованиям.

Всасывающие трубопроводы для сложных систем. В универсалах широко распространены группы прилавок, обслуживаемые одним компрессором. При этом каждый прилавок имеет на жидкостной линии электромагнитный и регулирующий вентили. Температуру в каждом прилавке обычно регулируют посредством термореле, которое при необходимости открывает и закрывает электромагнитный вентиль на жидкостном трубопроводе. Этот тип сложной комбинированной системы требует особого внимания при конструировании для решения проблем возврата масла и перегрева компрессора.

В прилавках с относительно постоянной нагрузкой во время работы, к испарителям которых хладагент подается через электромагнитные вентили на каждом жидкостном трубопроводе,

температура поддерживается индивидуально. От каждого прилавка или группы прилавков обычно идут индивидуальные всасывающие трубопроводы, что создает минимальный перепад давлений и максимальную эффективность при возврате масла. Этим обеспечивается хорошее регулирование температуры до тех пор, пока компрессор работает при расчетном давлении всасывания. Однако могут быть периоды небольшой нагрузки, когда закрыто большинство электромагнитных вентилей на жидкостных трубопроводах. Если не принимать какие-нибудь меры по регулированию производительности компрессора, он может начать работать короткими циклами или при очень низком давлении всасывания. Результатом работы в этих условиях может быть перегрев компрессора, а также понижение давления всасывания до такого уровня, когда газ становится настолько разреженным, что не может обеспечивать нормальный возврат масла через трубопроводы, рассчитанные на большую плотность газа.

В связи с колебаниями тепловой нагрузки в результате закрытия отдельных электромагнитных вентилей компрессор должен быть оборудован средствами регулирования производительности. Они должны предотвращать избыточные колебания давления всасывания.

При использовании параллельно соединенных компрессоров удовлетворительное регулирование установки обеспечивается циклической работой каждого из них. Когда имеется сложная система обслуживания нескольких прилавков одним компрессором, снижение производительности наилучшим образом осуществляется устройством для байпасирования горячего газа. Это устройство позволяет компрессору работать непрерывно при достаточно постоянном давлении всасывания, а его охлаждение обеспечивается с помощью регулирующего вентиля.

Для удовлетворительной работы системы ее необходимо тщательно исследовать при разных нагрузках, условиях оттаивания и различной производительности.

При монтаже сложных систем необходимо уделять внимание конструкции трубопроводов, чтобы обеспечить возврат масла в компрессор. Горизонтальные и вертикальные всасывающие трубопроводы должны быть соответствующего размера для поддержания минимальной скорости движения потока, требуемой для возврата масла при режиме минимальной нагрузки.

Конструкции горизонтальных и вертикальных трубопроводов. Горизонтальные всасывающие и нагнетательные трубопроводы должны иметь наклон в сторону движения потока хладагента. Это способствует возврату масла к компрессору. Наклон должен быть равен, по крайней мере, 4 мм на 1 м длины. Трубопроводы хладагента должны быть возможно более короткими и иметь минимальное количество изгибов.

Трубопроводы монтируют таким образом, чтобы доступ к различным узлам системы при необходимости их обслуживания был свободным. Если трубопроводы проходят через котель-

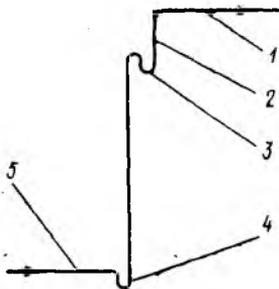


Рис. 320. Всасывающий вертикальный трубопровод:

1 — к компрессору (наклон в направлении движения потока хладагента минимум 4 мм на 1 м длины); 2 — вертикальный участок; 3 — дополнительный отделитель на каждые 6 м высоты вертикального трубопровода; 4 — U-образный отделитель в низу вертикального трубопровода; 5 — от испарителя.

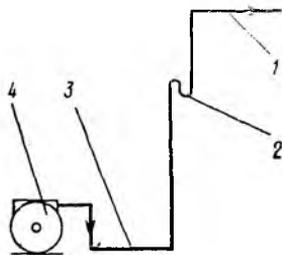


Рис. 321. Нагнетательный вертикальный трубопровод:

1 — к конденсатору (наклон в направлении потока холодильного агента минимум 4 мм на 1 м длины); 2 — дополнительный отделитель на каждые 6 м высоты вертикального трубопровода; 3 — горизонтальный участок; 4 — компрессор.

ные помещения или другие горячие зоны, где они подвергаются воздействию очень высокой температуры, их следует изолировать.

Каждый вертикальный всасывающий трубопровод высотой более 0,9 м должен иметь U-образный отделитель, который располагают внизу для облегчения возврата масла вверх по трубопроводу (рис. 320). Для предотвращения накопления большого количества масла отделитель должен иметь небольшую глубину, а его размер по горизонтали должен быть минимальным. Обычно для вертикальных трубопроводов горячего газа не требуются отделители из-за более легкого перемещения масла при высокой температуре. Рекомендуются, однако, чтобы нагнетательный трубопровод от компрессора был проложен в виде петли в направлении пола, а затем вертикально вверх для предотвращения возврата масла в компрессор во время стоянки (рис. 321).

Рис. 322. Всасывающий трубопровод для параллельно соединенных испарителей.

Рис. 322. Всасывающий трубопровод для параллельно соединенных испарителей. The diagram shows a complex piping system with multiple parallel horizontal sections connected to a vertical riser pipe. Each horizontal section has a U-shaped separator at its end.

Для обеспечения нормального перемещения масла рекомендуется устанавливать дополнительные отделители на каждые 6 м длины вертикальных всасывающих и нагнетательных трубопроводов.

Необходимо избегать установки отделителей на всасывающем трубопроводе, кроме тех случаев, когда это необходимо для возврата масла. Масло и жидкий хладагент, накопившиеся во всасывающем трубопроводе во время нерабочей части цикла, могут поступить в компрессор с высокой скоростью и в результате при его пуске произойдет поломка клапанов.

Если не применяется система регулирования низкого давления в картере компрессора, то после каждого испарителя должен быть отделитель для предотвращения гравитационного возврата жидкого хладагента в компрессор во время нерабочей части цикла. Когда испарители параллельно присоединяют к общему всасывающему трубопроводу, то соединения следует выполнить с перевернутыми отделителями, для того чтобы хладагент, выходящий из одного испарителя, не воздействовал на термобаллон регулирующего вентиля другого испарителя (рис. 322).

Когда всасывающий трубопровод идет вверх непосредственно от испарителя, следует смонтировать короткий горизонтальный участок трубопровода и отделитель для правильного размещения баллона терморегулирующего вентиля. Отделитель способствует предотвращению накапливания жидкости под баллоном, что могло бы вызвать неустойчивую работу регулирующего вентиля. Если всасывающий трубопровод от испарителя выполнен с уклоном в сторону компрессора, или, если перед вертикальным участком трубопровода имеется горизонтальный, то отделитель не монтируют.

Торговые льдогенераторы

Промышленность выпускает много различных льдогенераторов, которые в основном делятся на льдогенераторы чешуйчатого или кубикового льда.

В качестве примера ниже рассмотрены льдогенераторы модели СКК и МКК фирмы «Фриджидер» (рис. 323). Из бункера можно легко достать кубики льда. Дверца бункера установлена с некоторым наклоном, что позволяет ее закрывать без специального затвора. В бункере можно хранить одновременно 32 кг кубикового льда (рис. 324).

Машинное отделение льдогенератора имеет съемные щитки для обслуживания агрегата.

Резервуар для воды. Резервуар для воды изготавливают из нержавеющей стали и монтируют на стенке льдогенератора в отделении для бункера.

Термореле. Термореле толщины блока льда и термореле бункера расположены за испарителем над режущей решеткой.

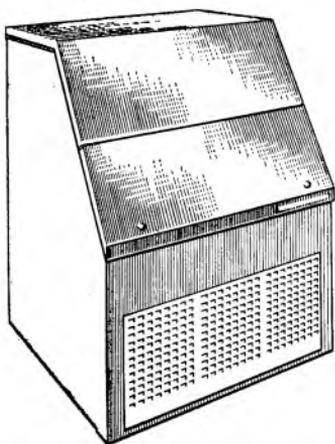


Рис. 323. Льдогенератор SCK-11
фирмы «Фриджидер».

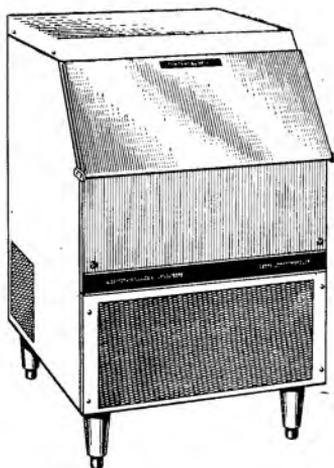


Рис. 324. Бункер для льда.

Уровень льда в бункере можно изменить, перемещая капилляр термореле вверх или вниз.

Регулирующий вентиль. Регулирующий вентиль расположен на левой стенке льдогенератора, у испарителя. Термобаллон регулирующего вентиля закреплен на всасывающем трубопроводе, примерно в центре аппарата под испарителем.

Машинное отделение. Компрессорно-конденсаторный агрегат состоит из компрессора, воздушного конденсатора, вертикального ресивера, вентилятора и электродвигателя, жидкостных трубопроводов, ручных запорных вентилях и электромагнитного вентиля горячего газа. Каждый из этих узлов может быть заменен во время обслуживания.

Компрессорно-конденсаторный агрегат можно заменить через передний проем машинного отделения. Агрегат закреплен посредством зажимов и двух крепежных болтов. Наверху, слева, в машинном отделении имеются сливной патрубок диаметром 19 мм и патрубок водяного трубопровода диаметром 6,4 мм.

Соединительная коробка. В левой и задней стенках соединительной коробки имеется два отверстия для электросиловых линий. Соединительная коробка содержит щиток с клеммами, трансформатор, пусковое реле, пусковой конденсатор и выключатель. На крышке соединительной коробки имеются монтажные схемы (рис. 325 и 326).

Рабочий цикл. Циркуляционный насос в резервуаре подает воду на испаритель (морозильную плиту). Вода замерзает,

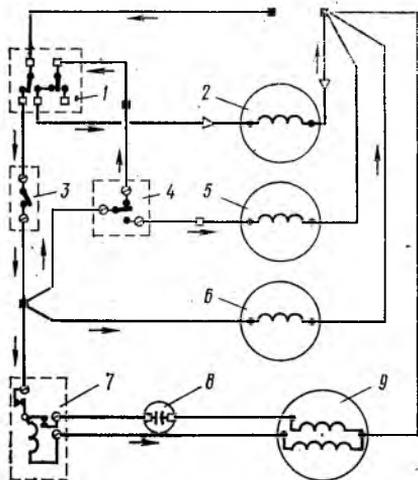


Рис. 325. Монтажная схема высокого напряжения льдогенератора SCK-11A фирмы «Фриджидер»:

1 — выключатель; 2 — двигатель насоса; 3 — термореле бункера; 4 — термореле толщины блока льда; 5 — электромагнитный вентиль; 6 — двигатель вентилятора; 7 — реле; 8 — конденсатор; 9 — двигатель компрессора.

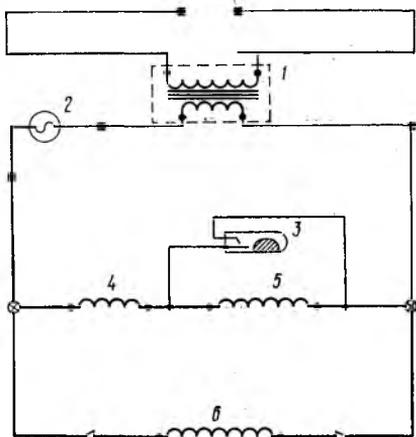


Рис. 326. Монтажная схема низкого напряжения льдогенератора SCK-11A фирмы «Фриджидер»:

1 — трансформатор; 2 — предохранитель; 3 — ртутный выключатель (замыкается блоком льда на решетке); 4 — нагреватель капиллярной трубки реле толщины блока льда; 5 — нагреватель корпуса термореле; 6 — решетка для резки блока льда.

образуя блок льда требуемой толщины. Регулятор толщины блока льда разрывает электрическую цепь к водяному насосу и включает электромагнитный вентиль горячего газа. Горячий газ из ресивера поступает в морозильную плиту. Блок подтаивает и соскальзывает на режущие решетки. Когда водяной насос отключается регулятором толщины блока льда, вся вода из системы стекает назад в резервуар. В результате из резервуара через сифон почти вся вода сливается. Резервуар снова заполняется свежей водой для следующего цикла замораживания. После разрезания блока льда на режущей решетке кубики льда падают в бункер. Срабатывает ртутный переключатель, включая нагреватель регулятора толщины блока. Это ускоряет замыкание контактов, что приводит к выключению схемы питания электромагнитного вентиля горячего газа и включению схемы питания водяного насоса. Компрессор работает непрерывно до заполнения бункера льдом. В этом случае термореле бункера отключает все электрические цепи, за исключением цепи низкого напряжения к режущим решеткам, которые включены постоянно, пока льдогенератор соединен с внешним источником питания.

Правила безопасности

В качестве меры предосторожности необходимо проверить агрегат до его включения, чтобы убедиться, что он смонтирован в соответствии с правилами пожарной безопасности, а также электротехническими, сантехническими и строительными нормативами.

1. До монтажа тяжелого торгового оборудования необходимо проверить предельную нагрузку на единицу площади пола.

2. Необходимо обратиться за помощью при подъеме или перемещении тяжелых прилавков и агрегатов.

3. Запрещается выпускать перегоревшее масло, насыщенное хладагентом, в помещение, где хранятся пищевые продукты, так как они могут испортиться.

4. Нельзя использовать кислород для испытания системы на герметичность, так как кислород и масло образуют взрывоопасную смесь.

5. Необходимо отключить электросхему до начала обслуживания.

6. При сварке или пайке трубопроводов хладагента следует обеспечить соответствующую вентиляцию.

7. Необходимо надевать защитные очки при зарядке или спуске хладагента из системы и резиновые перчатки при работе с кислотой.

8. Необходимо соблюдать меры предосторожности, чтобы руки, ноги и одежда не попали в приводные ремни и движущиеся части.

Выводы

Торговое холодильное оборудование — это оборудование, которое используют в торговой сети для хранения скоропортящихся продуктов.

Обслуживание высококачественной торговой холодильной установки должно быть экономичным.

Малые холодильные камеры имеют емкость более 2,83 м³.

Конструкции со слоистой пеноизоляцией лучше сохраняют холод.

Холодильные шкафы обычно имеют емкость 0,56—2,83 м³.

Если это необходимо, холодильные шкафы изготавливают со стеклянными дверями, что позволяет демонстрировать продукты.

Холодильные шкафы используют для хранения напитков в бутылках, молочных и других скоропортящихся продуктов, а также теста.

Холодильные шкафы для цветов предназначены для демонстрации товара и поэтому выпускаются со стеклянными дверями и часто со стеклянными боковыми стенками. Диапазон температур в шкафу для цветов 8—12 °С.

Прилавки-витрины предназначены почти исключительно для хранения и демонстрации мясных и молочных продуктов.

Прилавки-витрины имеют верхнее отделение для демонстрации продуктов и нижнее отделение для их хранения.

Продукты, демонстрируемые в открытом прилавке-витрине самообслуживания, хранятся под слоем холодного воздуха.

Главная проблема открытых прилавков-витрин самообслуживания заключается в обеспечении дополнительной холодопроизводительности, требуемой для компенсации более высоких потерь холодного воздуха.

Хорошим способом определения нормальной работы испарителя является обследование трубопроводов хладагента от терморегулирующего вентилля к испарителю и всасывающего трубопровода у испарителя. Оба трубопровода должны быть полностью обмерзшими.

Для обеспечения оптимальных результатов работы холодильного оборудования рекомендуется монтировать теплообменники в прилавках, в которых температура должна поддерживаться ниже 4 °С.

Холодильная система торгового оборудования в основном аналогична системе, используемой в домашних холодильниках.

Необходимо предотвращать попадание влаги в холодильную систему.

При снижении температуры кипения одноступенчатые низкотемпературные системы работают неэффективно.

Для предотвращения повышения температуры нагнетаемого пара хладагента и температуры встроенного двигателя компрессора за рекомендуемые пределы желательно, а в некоторых случаях совершенно необходимо изолировать всасывающие трубопроводы, в результате чего всасываемый пар будет возвращаться в компрессор при более низкой температуре.

Некоторые заводы-изготовители компрессоров рекомендуют использовать R502 во всех одноступенчатых низкотемпературных установках, в которых температура в испарителе должна быть —28 °С или ниже.

Трубопроводы хладагента должны быть сконструированы и смонтированы таким образом, чтобы предотвратить задержку в них масла.

Когда большая зарядка хладагента неизбежна, необходимо использовать метод регулирования низкого давления в картере компрессора посредством рециркуляции.

Для предотвращения повреждения обмоток двигателя компрессора не должен быть включен, пока работает вакуумный насос.

Двухступенчатые низкотемпературные агрегаты более эффективны и имеют меньше эксплуатационных недостатков при низких рабочих температурах кипения хладагента, чем одноступенчатые.

Коэффициент подачи уменьшается при увеличении степени сжатия.

Двухступенчатые компрессоры обычно имеют внешние трубопроводы и регулирующий вентиль.

Одноступенчатый компрессор имеет высокую производительность при степенях сжатия ниже 7, двухступенчатый компрессор эффективнее при более высоких степенях сжатия.

Регулирующий вентиль предназначен для предотвращения перегрева низкотемпературного компрессора.

Переохладитель предназначен для охлаждения жидкого хладагента, подаваемого в испаритель через регулирующий вентиль.

Нормальная работа любой холодильной установки или системы кондиционирования воздуха в значительной мере зависит от правильной зарядки хладагентом. Не следует заряжать хладагент через всасывающий или нагнетательный вентили, так как это может быть причиной повреждения клапанов компрессора.

Парообразный хладагент заряжают в систему в том случае, когда его нужно ввести в небольшом количестве.

Зарядку системы парообразным хладагентом можно контролировать с большей точностью, чем зарядку жидким хладагентом.

Регулятор давления устанавливают на всасывающем трубопроводе для предотвращения максимального давления на входе в компрессор.

Регулятор давления воздушного конденсатора предназначен для поддержания соответствующего давления на стороне нагнетания в условиях низкой температуры окружающей среды. Его устанавливают между конденсатором и ресивером.

Байпасный вентиль с перепуском со стороны высокого давления на сторону низкого давления реагирует на давление на выходе из вентилля. Вентиль открывается, когда давление на стороне всасывания понижается до величины уставки.

Простейшим способом регулирования производительности компрессора является двухпозиционное регулирование.

Компрессоры с разгрузочным устройством цилиндров применяют на больших установках, работающих при переменных нагрузках.

Производительность компрессора рекомендуется регулировать посредством байпасирования горячего газа в том случае, когда применение разгрузочных устройств не дает нужных результатов.

Самый оптимальный и надежный способ предотвращения миграции хладагента заключается в регулировании низкого давления в картере компрессора системы.

В связи с тем что нормальное охлаждение торгового оборудования зависит от циркуляции воздуха, необходимо периодически оттаивать испаритель.

При использовании способа оттаивания остановкой оборудования применяют реле давления, управляющее работой компрессора, а способа оттаивания с управлением по времени — реле времени для регулирования периодичности и длительности цикла оттаивания.

Когда для процесса оттаивания требуется дополнительное тепло, в торговом оборудовании монтируют полосовые электронагреватели и выключатели ограничения времени оттаивания.

Применяют следующие способы прекращения процесса оттаивания испарителя: по времени, с помощью реле давления, возвратом реле времени с электромагнитом в исходное положение.

Перспективно использование в системах оттаивания полупроводниковых приборов для контроля интенсивности потока воздуха по разности давлений воздуха перед и за испарителем.

Реле давления предназначено для защиты компрессора от очень низкого давления всасывания или чрезмерно высокого давления нагнетания.

Цикл оттаивания должен быть достаточной длительности для полного освобождения испарителя от инея, а периодичность оттаивания должна обеспечивать свободную циркуляцию охлажденного воздуха в прилавке.

Простая комбинированная система состоит из присоединенных к одному компрессорно-конденсаторному агрегату двух или большего количества прилавков, испарители которых характеризуются одинаковыми давлениями всасывания и потребностями в оттаивании.

Комбинированная система состоит из обслуживаемых одним компрессорно-конденсаторным агрегатом прилавков, в испарителях которых имеют место разные давления кипения хладагента. Оттаивание испарителей в этой системе происходит неодинаково.

Сложные комбинированные системы предназначены для работы всех средне- или низкотемпературных прилавков и камер от одного компрессорно-конденсаторного агрегата.

В очень сложных комбинированных системах все холодильное оборудование магазина присоединено к одному компрессорно-конденсаторному агрегату.

Для поддержания в прилавках и камерах, работающих в одной системе, различных температур применяют два способа: использование электромагнитных вентилей на жидкостном трубопроводе, применение регуляторов давления в испарителе.

Системы регенерации тепла возвращают в магазин тепло, отведенное от охлаждаемых прилавков.

Существует три способа регенерации тепла: непосредственная отдача тепла воздуху, применение замкнутой системы охлаждения воды, применение двух и более конденсаторов.

Перепад давлений в трубопроводе хладагента снижает производительность системы и увеличивает мощность, потребляемую компрессором.

Смазочное масло компрессора может циркулировать через систему только в том случае, если интенсивность движения потока пара хладагента достаточно высока.

При температурах кипения хладагента ниже -45°C для уменьшения до минимума количества циркулирующего в системе масла применяют маслоотделители.

Каждый клапан или вентиль, арматура и изгиб на трубопроводе хладагента создают перепад давлений, что приводит к свободному течению хладагента. Их рассчитывают на основе эквивалентной длины трубопровода.

Перепад давлений в нагнетательном трубопроводе влияет на работу системы меньше, чем в любой другой ее части.

При выборе размера трубопровода следует учитывать необходимость создания нужного давления хладагента у регулирующего вентиля.

Перепад давлений в жидкостном трубопроводе не вызывает увеличения потребляемой мощности. Производительность системы незначительно снижается из-за трения в жидкостном трубопроводе.

В качестве стандартных рекомендуются следующие величины: минимальная скорость движения хладагента в горизонтальных всасывающих трубопроводах $3,5\text{ м/с}$ и в вертикальных — $7,6\text{ м/с}$.

Две линии вертикального трубопровода должны иметь такую суммарную площадь поперечного сечения, которая была бы эквивалентна площади поперечного сечения одного трубопровода, обеспечивающего удовлетворительную скорость движения потока газа и допустимый перепад давлений в условиях максимальной нагрузки.

В сложных комбинированных системах особое внимание следует обращать на конструкцию трубопроводов, чтобы обеспечить возврат масла.

Если не применится система регулирования низкого давления в картере компрессора, то после каждого испарителя необходимо разместить отделитель для предотвращения гравитационного возврата жидкого хладагента в компрессор во время нерабочей части цикла.

Различают льдогенераторы чешуйчатого или кубикового льда.

Вода из резервуара льдогенератора поступает на морозильную плиту, где замерзает в блок льда требуемой величины.

Компрессор льдогенератора работает непрерывно до выключения термореле бункера льда.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение торговому холодильному оборудованию.
2. Почему необходимо, чтобы холодильный агрегат имел соответствующую производительность?
3. Какая емкость у малых холодильных камер?
4. Для чего предназначены холодильные шкафы?
5. Для чего используют стеклянные двери в холодильных шкафах?
6. Какой диапазон температур в холодильном шкафу для цветов?
7. Какой прилавок имеет отделение для демонстрации продуктов и отделение для их хранения?
8. Как хранятся продукты в открытых прилавках-витринах самообслуживания?
9. В чем заключается главная проблема открытых прилавков-витрин самообслуживания?
10. Назовите температуру воздуха в низкотемпературном прилавке-витрине?
11. Назовите толщину слоя холодного воздуха в открытом прилавке между замороженным продуктом и окружающим воздухом.
12. Каким образом можно определить нормальную работу испарителя?
13. Как обнаруживается влага в низкотемпературной холодильной системе?
14. Почему низкая температура кипения хладагента действует отрицательно на одноступенчатые низкотемпературные компрессоры?
15. Когда необходимо проверять обмотку двигателя компрессора?

16. Ниже какой температуры кипения хладагента большинство заводоизготовителей компрессоров рекомендует использовать R502 в одноступенчатых низкотемпературных системах?

17. Где должен быть установлен фильтр-осушитель?

18. Почему двигатель компрессора не должен работать, пока включен вакуумный насос?

19. Почему двухступенчатые низкотемпературные системы эффективнее одноступенчатых?

20. Какие два фактора являются причиной уменьшения коэффициента подачи с увеличением степени сжатия?

21. Почему при работе с низкими температурами кипения хладагента используют двухступенчатые компрессоры?

22. Назначение переохладителя жидкости.

23. На что указывает недостаточное заполнение испарителя?

24. Почему запрещается заряжать жидкий хладагент на стороне всасывания?

25. Что можно проконтролировать с большей точностью: зарядку жидкого или парообразного хладагента?

26. На что указывает давление нагнетания, превышающее нормальный уровень?

27. Какой наиболее распространенный способ определения нормальной зарядки хладагента?

28. Назначение регулятора давления перед компрессором.

29. Назначение регулятора давления в испарителе.

30. Где устанавливают регулятор давления в конденсаторе?

31. Можно ли использовать байпасный вентиль с перепуском со стороны высокого давления на сторону низкого давления для снижения производительности компрессора?

32. Когда применяют байпасный вентиль для воздушного конденсатора?

33. Когда наиболее целесообразно использовать устройства для разгрузки цилиндров компрессора?

34. Назовите способы регулирования производительности байпасированием горячего газа.

35. При каких условиях рекомендуется регулировать низкое давление в картере компрессора?

36. Почему нужно оттаивать испарители охлаждаемых прилавок?

37. Назовите основные способы оттаивания испарителей в торговом оборудовании?

38. Назовите три уставки реле низкого и высокого давлений.

39. Назовите способы окончания оттаивания испарителей.

40. Дайте определение комбинированной системе.

41. Какие используют два способа для поддержания температуры в прилавке?

42. Откуда поступает тепло в систему регенерации?

43. Как можно предотвратить задержку масла в испарителе низкотемпературной системы?

44. Какие два основных фактора необходимо учитывать при выборе размера нагнетательного трубопровода хладагента?

45. Назовите максимальные скорости движения потока хладагента в нагнетательных трубопроводах.

46. Какой основной фактор необходимо учитывать при выборе размера жидкостного трубопровода?

47. Почему размер всасывающего трубопровода имеет большее значение, чем размеры других трубопроводов?

48. Как следует монтировать горизонтальные всасывающие и нагнетательные трубопроводы?

49. Как классифицируются торговые льдогенераторы?

50. Когда останавливается компрессор льдогенератора?

Глава 13. Кондиционирование воздуха

Большинство людей очень мало знают об основных принципах кондиционирования воздуха, вероятно, потому, что применение его началось только в 1920 г. В это время стали широко использовать кондиционирование воздуха в поездах и театрах. Установки кондиционирования воздуха внедрялись для создания комфортных условий в помещениях, где находится большое количество людей. В то же время создавалось ошибочное мнение, что кондиционирование воздуха означает только охлаждение воздуха.

Процесс кондиционирования включает циркуляцию воздуха, его охлаждение, осушение и очистку. Другие процессы осуществляются во время нагрева.

Определение

Принятым определением термина «кондиционирование воздуха» является: одновременное механическое регулирование температуры, влажности, чистоты и движения воздуха. Если все эти условия не регулируются, термин «кондиционирование воздуха» не может быть отнесен к данной системе или данному оборудованию. Необходимо отметить, что регулирование температуры может означать охлаждение или нагрев воздуха. Регулирование влажности означает увлажнение или осушение воздуха. Так, промышленная система, которая поддерживает в помещении условия 66 °С по сухому термометру при 75 % относительной влажности, может называться системой кондиционирования воздуха, так же как и система, предназначенная для поддержания в помещении 26,7 °С по сухому термометру и 50 % относительной влажности. Однако система, которая только охлаждает пространство, но не регулирует относительную влажность, чистоту и движение воздуха, не может называться системой кондиционирования воздуха. Система кондиционирования воздуха может поддерживать любое состояние воздуха независимо от колебаний состояния окружающей атмосферы.

Комфортные условия

Двумя основными причинами кондиционирования воздуха являются необходимость улучшения условий промышленного процесса и поддержания комфортных условий. Условия, которые необходимо поддерживать в процессе производства, обуславливаются технологией процесса или обрабатываемыми материалами. В системе комфортного кондиционирования воздуха, однако, поддерживаемые условия обуславливаются требованиями человеческого организма. Поэтому знание важнейших

функций человеческого организма необходимо для понимания основ кондиционирования воздуха.

Комфортные условия зависят от того, с какой скоростью организм человека теряет тепло. Организм человека можно сравнить с отопительным агрегатом, который потребляет пищевые продукты в качестве топлива. Пищевые продукты состоят из углерода и водорода. Энергия топлива, в данном случае пищевых продуктов, высвобождается в процессе окисления. Используемый в процессе окисления кислород поступает из воздуха, и основными продуктами сгорания являются углекислота и водяной пар. Врачи называют это процессом метаболизма.

Организм человека можно рассматривать как машину с постоянной температурой. Внутренняя температура организма человека равна $36,6^{\circ}\text{C}$ и поддерживается тонким механизмом регулирования. В связи с тем что организм человека всегда вырабатывает больше тепла, чем ему требуется, отвод тепла является постоянным процессом. Основное назначение процесса кондиционирования воздуха заключается в регулировании интенсивности охлаждения в любое время года. Летом задача заключается в повышении интенсивности охлаждения, а зимой — в ее понижении.

От организма человека тепло отводится конвекцией, излучением, испарением. В большинстве случаев организм человека охлаждается под воздействием всех трех факторов одновременно.

Конвекция. В конвективном процессе воздух, который находится ближе к поверхности тела, становится теплее воздуха, находящегося на большом расстоянии от поверхности кожи. В связи с тем что теплый воздух легче прохладного, он поднимается. Этот теплый воздух замещается более холодным воздухом, и процесс конвективного охлаждения является непрерывным процессом. По мере нагрева замещающий воздух также поднимается. Несмотря на то что температура внутри организма человека остается на уровне 37°C , температура его кожи колеблется в диапазоне от $4,4$ до 40°C в зависимости от температуры, влажности и интенсивности потока окружающего воздуха. Если температура окружающего воздуха понижается, температура кожи также понижается.

Излучение. Тепло излучается непосредственно от человеческого тела к любой более холодной поверхности так же, как лучи солнца проходят через пространство и нагревают поверхность земли. Тепло может передаваться от кожи человека к любой поверхности или предмету с более низкой температурой. Этот процесс не зависит от конвективного теплообмена. Температура воздуха между человеком и более холодной поверхностью не влияет на процесс излучения. Этот принцип действителен и в том случае, когда человек греется у костра. Нагревается тот бок человека, который ближе к огню, а другой

бок остается холодным. Температура воздуха между человеком и огнём костра равна температуре воздуха на другой стороне человека.

Испарение. Регулирование теплоты испарения является процессом человеческого организма, который поддерживает его жизнь вне кондиционируемого пространства. Во время этого процесса происходит отдача влаги в виде пота через поры кожи. Когда эта влага испаряется, она поглощает тепло из организма человека и тем самым охлаждает его. Действие испарения более ощутимо, если смазать кожу спиртом, так как спирт легче испаряется и быстрее поглощает тепло. Процесс испарения превращает влагу в пар низкого давления и это происходит в виде непрерывного процесса. Когда на коже появляются капли пота, это означает, что тело производит больше тепла, чем может отвести с нормальной интенсивностью.

Условия, влияющие на комфортное состояние

Нет всеобъемлющего правила на оптимальные условия для всех людей. При одинаковых параметрах окружающей атмосферы здоровому молодому человеку может быть несколько теплее, чем ему хотелось бы, а пожилому человеку — несколько холоднее.

Тремя условиями, влияющими на способность человеческого организма отдавать тепло, являются температура воздуха, его относительная влажность и движение. Изменение любого из этих условий ускоряет или замедляет процесс охлаждения.

Температура воздуха. Воздух температурой ниже температуры кожи ускоряет конвективный процесс. Чем ниже температура воздуха, тем больше тепла отводится от организма конвекцией. Тепло всегда течет от более теплого места к более холодному. Чем больше разность температур, тем интенсивнее тепловой поток. Если разность температур очень велика, человеческий организм начинает отдавать тепло быстрее, чем он должен это делать, и человек ощущает определенный дискомфорт.

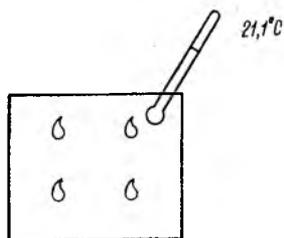
Если температура воздуха выше температуры кожи, происходит обратный конвективный процесс и тело нагревается. Совершенно очевидно, что температура воздуха оказывает большое влияние на комфортные условия. Опыт показывает, что для большинства людей комфортная температура воздуха находится в диапазоне от 22,2 до 26,7 °С.

Температура окружающих поверхностей также является важным фактором, так как она влияет на интенсивность излучения тепла организмом. Чем ниже температура поверхности, тем больше организм излучает тепла. Интенсивность излучения понижается с уменьшением разности температур между окружающей поверхностью и телом. Процесс излучения реверсиру-

ется, если температура окружающей поверхности выше температуры тела. Когда это происходит, организм человека должен отдавать больше тепла посредством конвекции и испарения.

Относительная влажность. При изменении относительной влажности регулируется количество тепла, которое организм человека может отдавать посредством испарения. Относительная влажность является мерой измерения влагосодержания воздуха. Она показывает способность воздуха поглощать влагу. Относительная влажность является одной из основ кондиционирования воздуха.

Например, рассмотрим 1 м^3 воздуха при $21,1 \text{ }^\circ\text{C}$, который содержит 4 г водяного пара (рис. 327).



Относительная влажность определяется следующим образом. В 1 м^3 воздуха имеется только 4 г водяного пара. Если

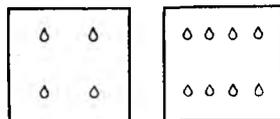
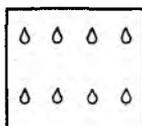


Рис. 327. 1 м^3 воздуха при $21,1 \text{ }^\circ\text{C}$, содержащий 4 г водяного пара.

Рис. 328. Кубический метр насыщенного влагой воздуха.

Рис. 329. Определение относительной влажности воздуха.

бы 1 м^3 воздуха содержал все количество влаги, которое он мог бы содержать при данной температуре, то это количество равнялось бы 8 г водяного пара (рис. 328) и воздух назывался бы насыщенным.

Для определения величины относительной влажности необходимо разделить величину фактической влажности воздуха на величину содержания влаги в насыщенном воздухе при той же температуре (рис. 329). Результат показывает, что относительная влажность равна 50% . Относительная влажность обозначает действительное содержание влаги в воздухе по сравнению с количеством влаги, которое воздух мог бы содержать при той же температуре. Относительная влажность меняется с изменением температуры.

Например, температура воздуха повышена до $33,3 \text{ }^\circ\text{C}$ без добавления влаги. Из таблицы влажности воздуха определяем, что 1 м^3 воздуха при $33,3 \text{ }^\circ\text{C}$ содержит 16 г водяного пара в состоянии насыщения. В этом примере относительная влажность равна 4 г , деленным на 16 г , или 25% (рис. 330).

Если воздух, окружающий человека, имеет низкую относительную влажность, организм человека отдает больше тепла за счет испарения. Если воздух вокруг человека характеризуется высокой относительной влажностью, организм человека

отдает меньше тепла за счет испарения. Разумно комфортным является кондиционированный воздух с температурой 26,7 °С и относительной влажностью 50 %.

Движение воздуха. Повышение интенсивности испарения пота с поверхности кожи человека является результатом движения воздуха. Испарение зависит от способности воздуха поглощать влагу. При движении по поверхности кожи воздух, насыщенный влагой, замещается более сухим воздухом и испарение влаги с поверхности кожи продолжается. Если воздух остается в неподвижном состоянии, то воздух на поверхности кожи поглощает влагу, и по мере приближения к точке насыщения процесс испарения замедляется. Влага начинает испаряться медленнее. Затем, при достижении точки насыщения, процесс испарения прекращается и человек чувствует себя в дискомфортных условиях.

Движение воздуха ускоряет конвективный процесс. Это возможно из-за того, что теплый воздух на поверхности кожи замещается более холодным и тело отдает тепло воздуху.

При движении воздух отводит тепло также и от стен, потолков и других предметов, окружающих человека, ускоряя таким образом процесс излучения. Необходимо помнить, что движение воздуха является одним из условий, влияющих на комфортное состояние человека.

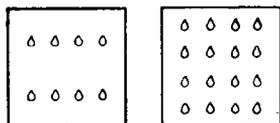


Рис. 330. Относительная влажность воздуха при более высокой температуре.

Распределение воздуха

Воздух, подаваемый в кондиционируемое пространство, должен распределяться таким образом, чтобы была минимальная разность температур между полом и потолком, от уровня пола до высоты 1,8 м, а также между внутренними и наружными стенами. Соответствующее количество воздуха может быть направлено в различные зоны помещения при тщательном учете потребностей в охлаждении и нагреве. Однако эти потребности должны удовлетворяться не при помощи сквозняков. Вообще воздух со скоростью от 4,6 до 7,5 м/мин может рассматриваться в качестве неподвижного, а движение воздуха со скоростью 19,8 м/мин большинство людей считают сильным.

Требования к системе распределения воздуха. Хорошая система распределения воздуха должна выполнять следующие функции:

перемешивать кондиционированный воздух с достаточным количеством воздуха в помещении, с тем чтобы при достижении зоны, где находятся люди, он не был настолько холодным, чтобы быть неприятным;

снижать скорость потока воздуха до такой степени, чтобы предотвратить возникновение сквозняка при достижении потоком воздуха зоны, где находятся люди;

обеспечить турбулентное движение воздуха в зоне, где находятся люди;

уровень шума в распределительной решетке на входе воздуха и в вытяжной воздухораспределительной решетке должен быть ниже дискомфортной зоны.

Может показаться, что трудно удовлетворить эти требования, но необходимо помнить, что установка кондиционирования воздуха может состоять из самых лучших узлов и все-таки быть, с точки зрения изготовителя, неудовлетворительной, если система распределения воздуха не создает комфортных условий для людей, находящихся в кондиционируемом помещении.

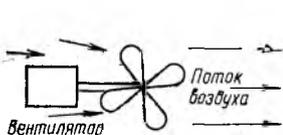


Рис. 331. Осевой вентилятор.

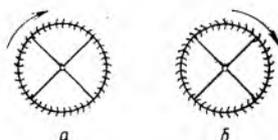


Рис. 332. Центробежные вентиляторы:

a — лопатки изогнуты вперед; *b* — лопатки изогнуты назад.



Рис. 333. Спиральная камера центробежного вентилятора.

Требования к вентилятору. Вентиляторы, используемые в современных установках кондиционирования воздуха, подразделяются на два класса в зависимости от направления потока воздуха через них. К первому классу относится осевой вентилятор, через который поток воздуха течет параллельно валу вентилятора. Этот тип вентилятора обычно известен как винтовой вентилятор (рис. 331). Он состоит из двух или большего количества лопастей, которые укреплены на валу. Каждая лопасть изогнута или скручена для образования требуемого шага. Лопасти часто изготавливают из листового металла, но иногда для этой цели используют отливки или их формуют из пластмассы. Этот тип вентилятора наилучшим образом отвечает требованиям при необходимости перемещения большого объема воздуха при низком сопротивлении, например при эксплуатации воздушных конденсаторов, увлажнителей и градирен.

Ко второму классу относится центробежный вентилятор, через который поток воздуха течет наружу от вала вентилятора. Этот поток воздуха образуется под действием центробежной силы. Поэтому такой тип вентилятора известен как центробежный вентилятор. Он состоит из ряда лопастей, смонтированных по окружности, с расположением вала в центре. Лопасти установлены параллельно валу и могут быть изогнуты

вперед или назад (рис. 332). Вентилятор с лопастями, изогнутыми вперед, работает с более низкой частотой вращения, чем вентилятор с лопастями, изогнутыми назад, той же производительности. Однако вентилятор с лопастями, изогнутыми назад, обычно не перегружается, а вентилятор с лопастями, изогнутыми вперед, перегружается при уменьшении давления и увеличении объема циркулирующего воздуха. Поэтому, если не сделан тщательный расчет рабочего давления, существует опасность перегрузки электродвигателя и его выхода из строя при работе вентилятора с лопастями, изогнутыми вперед.

Рабочее колесо центробежного вентилятора не может создать достаточного потока воздуха. Корпус вентилятора используется для сбора или направления потока воздуха после лопастей. Спиральная камера корпуса (рис. 333) обычно имеет небольшое сечение после нагнетательного отверстия, и оно прогрессивно увеличивается по окружности корпуса и достигает максимального размера у выпускного отверстия. Эта часть корпуса называется улиткой. Воздух подается к рабочему колесу через патрубки на одной или обеих сторонах корпуса. Диаметр их патрубков должен быть максимальным, но не больше внутреннего диаметра рабочего колеса вентилятора.

Центробежные вентиляторы предназначены для подачи большого объема воздуха при значительном сопротивлении. Именно по этой причине их выбирают в первую очередь в системах кондиционирования воздуха и в вентиляционных системах при необходимости преодоления сопротивления воздушных фильтров, испарителей, теплообменников, воздухопроводов и выпускных отверстий.

Шум от вентилятора. Вентиляторы должны подавать в помещение необходимое количество воздуха при требуемой скорости движения его потока. Однако недостатком вентиляторов в установках кондиционирования воздуха является то, что они шумят. Уровень шума зависит от амплитуды и частоты волн воздуха, создаваемых лопастями вентилятора, и турбулентности потока воздуха при принудительной подаче через систему. Вибрирующие лопасти вентилятора также являются источником небольшого шума. Этот шум, однако, относительно слабый по сравнению с шумом, создаваемым быстроходным вентилятором. Шум от вентилятора напоминает небольшую сирену. Громкость и тембр звука зависят от окружной скорости вентилятора, формы лопастей, их количества и угла наклона. Таким образом, существует определенная зависимость между уровнем шума и количеством подаваемого воздуха. Для того чтобы удовлетворять требованиям, система кондиционирования воздуха должна подавать соответствующее количество воздуха при минимальном шуме от вентилятора.

Камера нагрева. В большинстве систем кондиционирования воздуха следующим устройством, куда поступает воздух, явля-

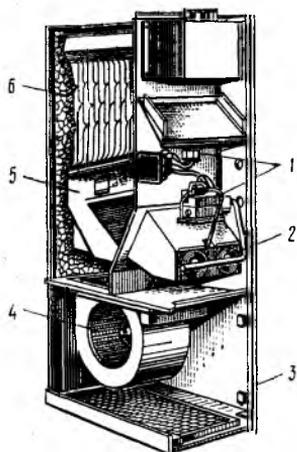


Рис. 334. Устройство для нагревания воздуха:

1 — регуляторы; 2 — горелки; 3 — шкаф; 4 — вентилятор; 5 — камера нагрева; 6 — изоляция.

ется камера нагрева (рис. 334). В зависимости от конструкции системы это могут быть теплообменник с газовым нагревом, электронагревательный элемент, паровой змеевик или змеевик горячей воды. В этом устройстве происходит нагрев воздуха во время отопительного сезона. Повышение температуры зависит от теплопритока в воздух. Во время сезона охлаждения воздуха это устройство не выбатывает тепло.

Камера охлаждения. После камеры нагрева воздух проходит через камеру охлаждения. Процесс охлаждения осуществляется в испарителе. Однако процесс охлаждения может быть осуществлен также и посредством змеевика с охлаждающей водой. Во время процесса охлаждения температура воздуха понижается. Если в воздухе имеется избыточное количество влаги, часть ее отводится с целью понижения влажности воздуха.

Спускной трубопровод предназначен для слива конденсата. Влагосодержание воздуха должно быть на низком уровне для создания условий эффективного охлаждения. Камера охлаждения не используется во время отопительного сезона, хотя воздух все-таки проходит через нее.

Увлажнитель. Когда воздух выходит из камеры охлаждения, он поступает в зону, где расположен увлажнитель (рис. 335). Увлажнитель имеется не во всех системах. Увлажнитель предназначен для добавления влаги в воздух во время отопительного сезона. При выходе из камеры нагрева воздух характеризуется более низкой относительной влажностью. Этот теплый и сухой воздух должен быть увлажнен с точки зрения комфортных условий и здоровья человека. В зависимости от типа увлажнителя требуемая влага добавляется в воздух испарением или разбрызгиванием влаги непосредственно в потоке воздуха. Эти аппараты обычно не используются во время процесса охлаждения воздуха, так как отвод влаги является частью этого процесса. Добавление влаги при охлаждении — нежелательный и дорогостоящий процесс.

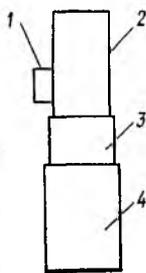


Рис. 335. Расположение увлажнителя:

1 — увлажнитель; 2 — распределительная камера нагреваемого воздуха; 3 — испаритель; 4 — нагреватель.

Каналы подачи воздуха. Воздух затем направляется через ряд труб, называемых каналами подачи воздуха, через которые он поступает в требуемую зону. Эта система каналов должна

быть соответствующим образом сконструирована для создания удовлетворительных условий эксплуатации. Выпускное отверстие должно быть правильно расположено для требуемого распределения воздуха в кондиционируемом пространстве. Каналы подачи воздуха изолированы для предотвращения потери тепла во время отопительного сезона и поглощения тепла при охлаждении воздуха. Изоляция должна включать пароизоляционный слой для предотвращения конденсации влаги на более холодной поверхности во время процесса охлаждения (рис. 336). Система каналов подачи воздуха используется при нагреве и охлаждении воздуха.

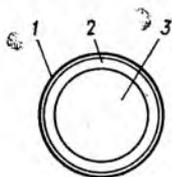


Рис. 336. Канал подачи воздуха с тепло- и пароизоляцией:

- 1 — пароизоляция;
- 2 — теплоизоляция;
- 3 — канал подачи воздуха

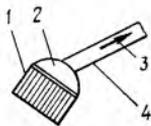


Рис. 337. Выходное устройство канала подачи воздуха:

- 1 — воздухораспределительная решетка;
- 2 — корпус канала;
- 3 — распределительная камера;
- 4 — канал подачи.

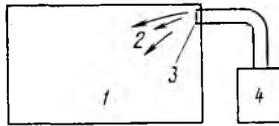


Рис. 338. Кондиционируемое пространство:

- 1 — кондиционируемое пространство;
- 2 — поток воздуха;
- 3 — выходное устройство канала подачи;
- 4 — оборудование для кондиционирования воздуха.

Выходное устройство. На конце канала подачи воздуха в кондиционируемое пространство имеется выходное устройство (рис. 337). Это устройство используется для соответствующего распределения воздуха в помещении. Одни устройства применяются для вентиляции, а другие — для подачи воздуха в виде струйного потока. Некоторые устройства используют также для регулирования направления потока воздуха. Регулирование направления подачи воздуха, а также расположение и количество выходных устройств в значительной мере способствуют удовлетворительной работе системы и созданию комфортных условий.

Кондиционируемое пространство. Кондиционируемое пространство — одно из самых важных частей системы распределения воздуха. Если бы не было закрытого пространства, невозможно было бы регенерировать воздух и циркуляция кондиционируемого воздуха стала бы невозможной. Именно поэтому такое важное значение имеет кондиционируемое пространство. Используемые материалы и строительное искусство также играют важную роль при сооружении кондиционируемого

пространства, так как они способствуют снижению теплопритоков в это пространство (рис. 338).

Впускное устройство. Впускное устройство предназначено для впуска воздуха из кондиционируемого пространства в воздушный всасывающий канал. Это устройство обычно расположено напротив выходного устройства (рис. 339). Оно должно быть соответствующего размера для входа воздуха из помещения при минимальном сопротивлении.

Воздушные всасывающие каналы. Воздушные всасывающие каналы предназначены для соединения кондиционируемого пространства с оборудованием для обработки воздуха (рис. 340). Эти каналы рассчитаны на меньшее сопротивление потоку воздуха, чем каналы подачи. Это делается для возврата достаточ-

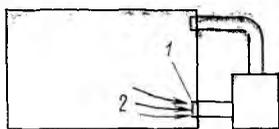


Рис. 339. Расположение впускных устройств:
1 — впускное устройство;
2 — поток воздуха.



Рис. 340. Воздушный всасывающий канал.

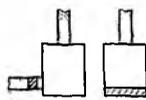


Рис. 341. Расположение фильтра.

ного количества воздуха к вентилятору. Всасывающие каналы иногда имеют теплоизоляцию. Если канал должен проходить через высоко- или низкотемпературное пространство, он должен быть изолирован для предотвращения потери тепла или теплопритока в воздух внутри канала.

Фильтры. Фильтры расположены на входе в вентилятор для предотвращения попадания частиц пыли в оборудование (рис. 341). Фильтры предназначены только для очистки воздуха. Они всегда должны быть расположены таким образом, чтобы защитить вентилятор, камеры нагрева и охлаждения от частиц пыли. Если пыль попадает в оборудование, она постепенно накапливается на поверхностях и снижает интенсивность потока воздуха, что отрицательно действует на работу системы. Фильтры изготавливаются из различных материалов, например из штампованного стекловолокна или пластмассы. Более эффективные фильтры имеют электронное регулирование.

Терминология по кондиционированию воздуха

До того, как начать изучение вопроса о кондиционировании воздуха, необходимо понимать используемые в данной области термины. Ниже следуют определения наиболее распространенных терминов.

Сухой воздух — это воздух, который не содержит водяного пара. В природных условиях воздух содержит некоторое количество водяного пара.

Абсолютная влажность — это действительное количество, или действительная масса, водяного пара в граммах на 1 кг воздуха. Повышение или понижение температуры без изменения количества влаги в воздухе не оказывает влияния на абсолютную влажность.

Относительная влажность — это отношение влагосодержания данного количества воздуха при любых температуре и давлении к максимальному количеству влаги, которое то же количество воздуха может содержать при данных температуре и давлении. Относительная влажность выражается в процентах. Необходимо обратить внимание на разницу между относительной влажностью и абсолютной влажностью. Относительная влажность определяется делением действительного количества влаги на максимальную влагоемкость воздуха при данных температуре и давлении.

Пример. В 1 м³ воздуха содержится 9,2 г влаги, а максимальная влагоемкость равна 18,4 г. Чему равна относительная влажность?

$$\text{Относительная влажность} = \frac{\text{абсолютная влажность}}{\text{максимальная влагоемкость}} = \frac{9,2}{18,4} = 50\%.$$

Повышение температуры воздуха вызывает уменьшение отношения или относительной влажности. Понижение температуры воздуха вызывает увеличение отношения или относительной влажности, если не достигнута точка насыщения (100 % относительной влажности).

Увлажнение — процесс добавления влаги в воздух называется увлажнением.

Осушение — процесс отвода влаги из воздуха называется осушением.

Насыщенный воздух — это воздух, который содержит все то количество водяного пара, которое он может содержать при данном давлении и температуре. Когда воздух насыщенный, температура одинакова по сухому и влажному термометрам и по точке росы.

Температура по сухому термометру — температура воздуха, измеренная обычным термометром, называется температурой по сухому термометру и является мерой измерения ощутимого теплосодержания воздуха.

Температура по влажному термометру — это температура воздуха, измеренная обычным термометром, шарик которого обернут мокрой тканью (рис. 342). Температура измеряется после того, как термометр установлен в интенсивном потоке воздуха. Показание температуры по влажному термометру ниже по сравнению с сухим термометром из-за испарения влаги в фитиле. Тепло, требуемое для испарения воды из фитиля, отводится из воздуха, обдувающего термометр.

Термометр находится в потоке воздуха достаточное количество времени и температура опускается до точки равновесия, что определяется интенсивностью испарения влаги из фитиля и количеством сухого тепла в воздухе.

Точка равновесия — это температура, при которой интенсивность передачи сухого тепла из воздуха увлажненному шарикку равна интенсивности, с которой тепло передается от влажного шарика в воздух в результате испарения воды. Для любой данной температуры по сухому термометру и любой данной относительной влажности точка равновесия одинаковая. В связи с тем что интенсивность испарения из фитиля определяется влагосодержанием воздуха и количеством сухого тепла, очевидно, что температура по влажному термометру обозначает общую энтальпию воздуха.

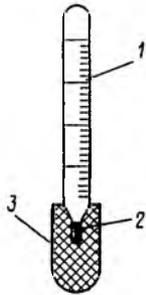


Рис. 342.
Влажный термометр:
1 — стержень термометра;
2 — ртутный шарик; 3 — «чулок» для воды.

Психрометрическая разность — разность температур сухого и влажного термометров для любого данного состояния называется психрометрической разностью, за исключением точки насыщения, когда обе указанные температуры равны.

Температура точки росы — это температура, при которой водяной пар начинает конденсироваться из воздуха. Количество водяного пара в воздухе всегда одинаково при любой данной температуре точки росы. В связи с этим влагосодержание воздуха может быть измерено по температуре точки росы. Когда воздух находится при температуре точки росы, он содержит всю влагу, которую может содержать при данной температуре. Температура точки росы останется постоянной, так как

нет отвода или добавления влаги. Скрытая теплота не добавляется к смеси воздуха и водяного пара и не отводится от нее, если к воздуху не добавляется или не отводится влага.

Температура насыщения — это температура точки росы воздуха, при которой относительная влажность равна 100 %. Иначе говоря, воздух содержит всю влагу, которую может содержать при данной температуре.

Теплосодержание (энтальпия) — сумма сухого тепла и скрытой теплоты. В кондиционировании воздуха —17,8 °С является температурой, от которой начинается измерение энтальпии. Энтальпию определяют по влажному термометру.

Насыщенный газ (пар). Имеет температуру и давление газа или водяного пара, равные соответствующим параметрам жидкости. В состоянии насыщения пар существует над поверхностью жидкости в закрытом сосуде, как, например, в баллоне с хладагентом или в испарителе. Насыщенный пар не имеет перегрева.

Вентиляция — процесс подачи или отвода воздуха из пространства называется вентиляцией независимо от того, какой это воздух: кондиционированный, отработанный или свежий.

Эффективная температура — это температура, которая определяется личным комфортным состоянием данного человека. Эффективная температура создается соответствующей комбинацией температуры по сухому термометру относительной влажности и скорости движения воздуха.

Комфортная зона — это диапазон температур и влажности, который большинство людей воспринимают в качестве комфортных условий. Внешние характеристики комфортной зоны не имеют четкого определения, так как зависят от состояния окружающей среды.

Коэффициент теплопередачи — количество тепла, которое передается в 1 ч через 1 м² перегородки из любого материала или комбинации различных материалов при разности температуры 1 °С по обе стороны перегородки. Необходимо отметить, что разность температур по обе стороны материала — это не разность температур между двумя поверхностями перегородки.

Статическое давление — это давление, которое газ или воздух осуществляет под прямым углом на стены ограждения или канала. Статический напор или статическое давление воздуха обычно измеряется в миллиметрах водяного столба посредством манометров и трубок Пито. Потери на трение в воздуховодах называются перепадом давлений, или потерей статического напора.

Динамическое давление — это давление движущегося воздуха. Динамическое давление создается энергией движения или кинетической энергией движущегося воздуха и измеряется в Па.

Общее давление — это сумма статического и динамического давлений. Оно является мерой общей энергии воздуха.

Эффект трубы, или тяга, заключается в стремлении нагретого воздуха перемещаться вверх по вертикальному или наклонному каналу. Теплый воздух перемещается вверх в связи с тем, что он расширяется и становится легче при нагреве. Это явление имеет особенно важное значение при отоплении высоких зданий, когда все здание в целом функционирует в качестве вытяжной трубы из-за того, что в нем находится более теплый воздух. Теплый воздух поднимается вверх и выходит наружу через отверстия или трещины в верхних этажах, а холодный воздух всасывается через двери, окна, трещины в нижних этажах, замещающая при этом поднимающийся вверх теплый воздух. В результате требуется дополнительный нагрев на нижних этажах для компенсации охлаждающего действия входящего холодного воздуха.

Воздухораспределительная камера — это компенсационная камера, или отделение подачи воздуха, к которому присоединены различные распределительные каналы системы кондиционирования или вентиляции воздуха. В воздухораспределительной камере поддерживается давление, требуемое для подачи воздуха через различные распределительные каналы.

Психрометрическая диаграмма

Наука, которая рассматривает соотношения смеси воздуха и водяного пара, называется психрометрией. В кондиционировании воздуха психрометрия включает измерение и определение различных свойств воздуха внутри и вне кондиционируемого пространства. Посредством психрометрии устанавливают параметры воздуха, которые обеспечат наиболее комфортные условия посредством данной системы кондиционирования воздуха.

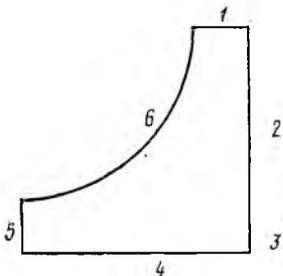


Рис. 343. Изображение психрометрической диаграммы:

1 — «верх»; 2 — «задник»; 3 — «каблук»; 4 — «подошва»; 5 — «носок»; 6 — «подъем».

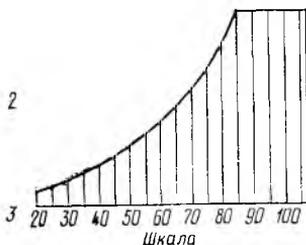


Рис. 344. Линии температуры по сухому термометру.

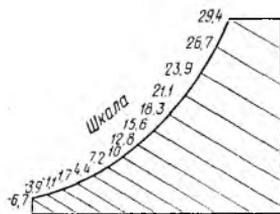


Рис. 345. Линии температуры по влажному термометру.

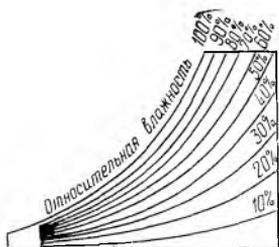


Рис. 346. Кривые относительной влажности.

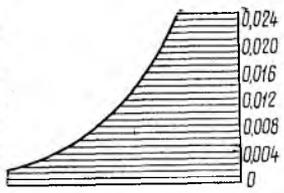


Рис. 347. Линии абсолютной влажности.

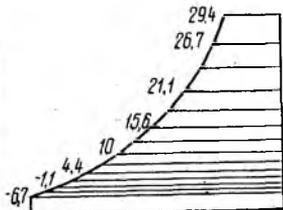


Рис. 348. Линии температуры точки росы.

В психрометрической диаграмме представлены различные зависимости, существующие между тепло- и влагосодержанием воздуха и водяного пара. На полной психрометрической диаграмме указываются параметры температуры по сухому и влажному термометрам, температура точки росы, общая энтальпия, давление пара, действительное влагосодержание воздуха.

Определение линий и шкалы на психрометрической диаграмме. Следующие рисунки помогут определить различные линии и шкалы на психрометрической диаграмме. В данном случае диаграмму можно рассматривать в виде ботинка, у которого «носок» расположен слева, а «каблук» — справа (рис. 343).

Линии температуры по сухому термометру. Шкала температур по сухому термометру расположена на «подошве» психрометрической диаграммы (рис. 344). Линии температуры по сухому термометру направлены вертикально вверх от «подошвы». На каждый градус температуры имеется одна линия.

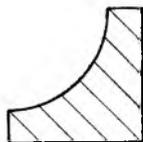


Рис. 349. Линии удельного объема.

Линии температуры по влажному термометру. Шкала температур по влажному термометру расположена на «подъеме» диаграммы и проходит от «носка» до верха (рис. 345). Линия температуры по влажному термометру направлена от подъема по диагонали вниз, направо. На каждый градус температуры имеется одна линия.



Рис. 350. Линии энтальпии.

Кривые относительной влажности. На полной психрометрической диаграмме линии относительной влажности изображены в виде кривых (рис. 346). На этих кривых обозначены различные величины относительной влажности. В данном случае нет шкалы координат, которая имеется при рассмотрении других параметров воздуха.

Линии абсолютной влажности. Шкала абсолютной влажности — это вертикальная шкала на правой стороне психрометрической диаграммы (рис. 347). Линии абсолютной влажности направлены налево по горизонтали от этой шкалы.

Линии температуры точки росы. Шкала температур точки росы идентична шкале температур по влажному термометру (рис. 348). Линии температуры точки росы направлены по горизонтали направо, но не по диагонали, как линии температуры по влажному термометру.

Линии удельного объема. Шкалы удельного объема расположена вдоль «подошвы» диаграммы (рис. 349). Линии объема в кубических метрах направлены по диагонали вверх и налево от «подошвы» к «подъему» диаграммы. Линии удельного объема на диаграмме выражены в кубических метрах на 1 кг воздуха.

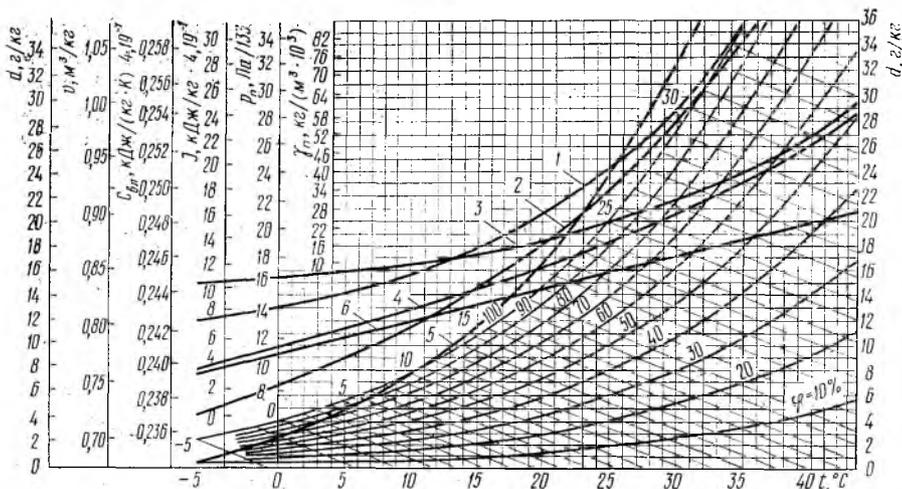


Рис. 351. Психрометрическая диаграмма влажного воздуха при $P=0,101$ МПа. Кривые представляют собой зависимости следующих величин: 1 — теплоемкости $C_{вл}$; 2 — энтальпии I ; 3 — абсолютной влажности $\gamma_{п}$; 4 — удельного объема насыщенного воздуха v ; 5 — парциального давления водяных паров $p_{п}$; 6 — приведенного удельного объема сухого воздуха $v'_с$.

Линии энтальпии. Шкала энтальпии расположена вдоль «подъема» диаграммы (рис. 350). Линии энтальпии совпадают с линиями температуры по влажному термометру на психрометрической диаграмме. Энтальпия — это общее теплосодержание. Она может быть использована вместе с психрометрической диаграммой для измерения изменения содержания тепла, которое происходит в любом психрометрическом процессе. Посредством энтальпии можно определить сухое тепло и скрытую теплоту.

Полная психрометрическая диаграмма образуется при сложении семи рассмотренных выше диаграмм (рис. 351).

Применение психрометрической диаграммы. Состояние воздуха определяется при помощи любых двух указанных выше параметров, имеющих на психрометрической диаграмме. Если мы выберем любую температуру по сухому термометру и любую температуру по влажному термометру, то точка пересечения этих линий на диаграмме является точкой, обозначающей состояние воздуха при данных температурах. Состояние воздуха в данной точке совершенно определено. Подобным же образом состояние воздуха в любой другой точке на психрометрической диаграмме определяется по температурам сухого и влажного термометров. В связи с тем что существует неограниченное количество всевозможных комбинаций любых двух температур, имеется бесконечное количество возможных со-

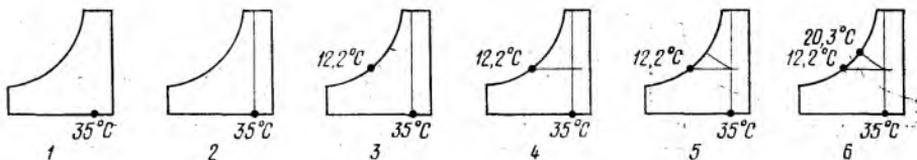


Рис. 352. Определение температуры по влажному термометру.

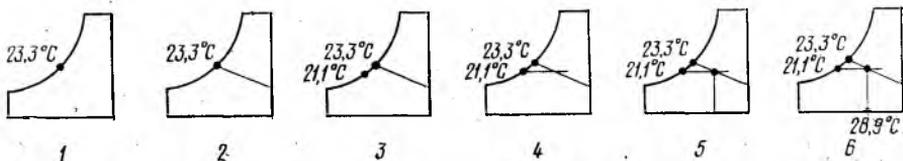


Рис. 353. Определение температуры по сухому термометру.

стояний воздуха и такое же бесконечное количество точек, которое может быть нанесено на диаграмму.

Когда на диаграмме найдено определенное состояние воздуха, все остальные параметры воздуха могут быть определены посредством данной диаграммы. Подобным же образом при наличии психрометрической диаграммы достаточно любых двух параметров смеси воздуха и водяного пара для определения состояния воздуха и всех остальных его параметров.

Пример 1. Если температура по сухому термометру равна 35°C , а температура точки росы $12,2^{\circ}\text{C}$, чему равна температура по влажному термометру (рис. 352)?

Решение.

1. Определить точку 35°C на шкале температур по сухому термометру.
2. Провести прямую линию вверх к «подъему» диаграммы.
3. Следовать по «подъему» вниз до температуры $12,2^{\circ}\text{C}$.
4. Провести от этой точки горизонтальную линию направо до пересечения с точкой температуры по сухому термометру, равной 35°C .
5. Провести от этой точки линию вверх налево до шкалы температур по влажному термометру на подъеме диаграммы.
6. Температура по влажному термометру равна $20,3^{\circ}\text{C}$.

Пример 2. Если температура по влажному термометру равна $23,3^{\circ}\text{C}$, а температура точки росы $21,1^{\circ}\text{C}$, чему равна температура по сухому термометру (рис. 353)?

Решение.

1. Определить точку $23,3^{\circ}\text{C}$ на шкале температур по влажному термометру.
2. Провести линию по диагонали вниз, направо к «заднику» диаграммы.
3. Определить точку $21,1^{\circ}\text{C}$ на шкале точки росы.
4. Провести от этой точки горизонтальную линию направо до пересечения с линией температуры по влажному термометру.
5. Провести от этой точки линию по вертикали вниз до шкалы температур по сухому термометру.
6. Температура по сухому термометру равна $28,9^{\circ}\text{C}$.

Пример 3. Если температура по влажному термометру равна $22,8^{\circ}\text{C}$, а температура по сухому термометру $27,2^{\circ}\text{C}$, чему равна температура точки росы (рис. 354)?

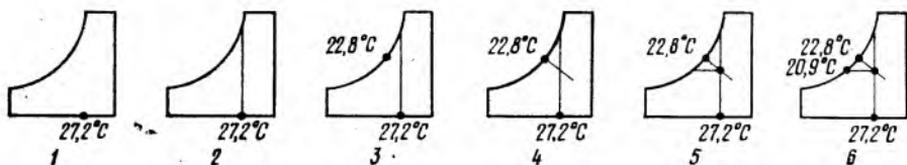


Рис. 354. Определение температуры точки росы.

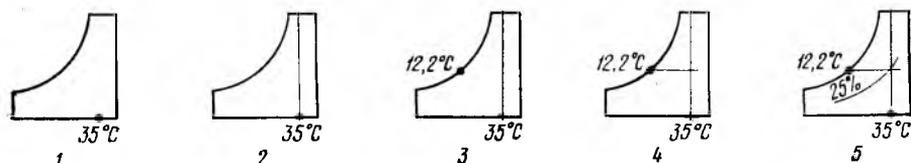


Рис. 355. Определение относительной влажности.

Решение.

1. Определить точку $27,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ на шкале температур по сухому термометру.
2. Провести от этой точки линию по вертикали вверх до «подъема» диаграммы.
3. Определить точку $22,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ на шкале температур по влажному термометру.
4. Провести от этой точки линию по диагонали вниз до пересечения с линией температуры по сухому термометру.
5. Провести от этой точки горизонтальную линию налево до «подъема» диаграммы.
6. Температура точки росы равна $20,9\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Пример 4. Если температура по сухому термометру равна $35\text{ }^{\circ}\text{C}$, а температура точки росы $12,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, чему равна относительная влажность (рис. 355)?

Решение.

1. Определить точку $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ на шкале температур по сухому термометру.
2. Провести от этой точки линию вертикально вверх до подъема диаграммы.
3. Определить точку $12,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ на шкале температур точки росы.
4. Провести от этой точки горизонтальную линию направо до пересечения с линией температур по сухому термометру.
5. Относительная влажность в этой точке равна 25% .

Пример 5. Если температура по влажному термометру равна $23,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, а температура точки росы $21,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, чему равна энтальпия воздуха (рис. 356)?

Решение.

1. Определить точку $23,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ на шкале температур по влажному термометру.
2. Провести от этой точки линию по диагонали вверх налево к шкале энтальпии.
3. Энтальпия равна $85,8\text{ кДж на } 1\text{ кг воздуха}$.

Пример 6. Если температура по сухому термометру равна $35\text{ }^{\circ}\text{C}$, а температура точки росы $12,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, чему равна энтальпия воздуха (рис. 357)?

Решение.

1. Определить точку $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ на шкале температур по сухому термометру.
2. Провести от этой точки линию по вертикали вверх до подъема диаграммы.

Рис. 356. Определение общей энтальпии посредством температуры по влажному термометру.

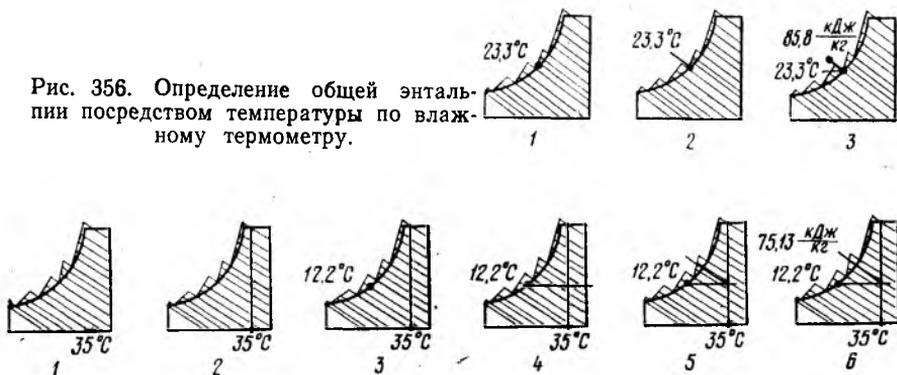


Рис. 357. Определение общей энтальпии посредством температуры по сухому термометру.

3. Определить точку $12,2^{\circ}\text{C}$ на шкале температур точки росы.

4. Провести от этой точки линию по горизонтали направо до пересечения с линией температур по сухому термометру.

5. Провести от этой точки линию по диагонали вверх, налево до шкалы энтальпии.

6. Энтальпия равна $75,13$ кДж на 1 кг воздуха.

Ниже энтальпия определяется интерполяцией.

Энтальпия при $20,6^{\circ}\text{C}$ по влажному термометру равна $34,5$ кДж/кг.

Энтальпия при 20°C по влажному термометру равна $33,66$ кДж/кг.

Разность равна $0,84$ кДж/кг.

$20,3^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C} = 0,3^{\circ}\text{C}$;

$0,3^{\circ}\text{C} \times 0,84 = 0,252$ кДж/кг.

Поэтому энтальпия при $20,3^{\circ}\text{C}$ по влажному термометру равна $33,36 + 0,252 = 33,612$ кДж/кг.

Изменение энтальпии. Во время сезона охлаждения воздуха мы в основном заинтересованы в определении количества тепла, которое должно быть отведено, чтобы в достаточной степени охладить воздух для удовлетворения расчетных условий внутри помещения. Когда наступает отопительный сезон, тепло добавляется в воздух для удовлетворения расчетных условий. Предположим, например, что наружная температура по влажному термометру равна $23,9^{\circ}\text{C}$, а в кондиционируемом помещении необходимо поддерживать $19,4^{\circ}\text{C}$ по влажному термометру. Общее количество тепла, которое должно быть отведено от 1 кг сухого воздуха, определяется следующим методом.

Энтальпия при $23,9^{\circ}\text{C}$ по влажному термометру равна $87,04$ кДж на 1 кг воздуха.

Энтальпия при $19,4^{\circ}\text{C}$ по влажному термометру равна $71,72$ кДж на 1 кг воздуха.

Разность равна $15,32$ кДж на 1 кг воздуха.

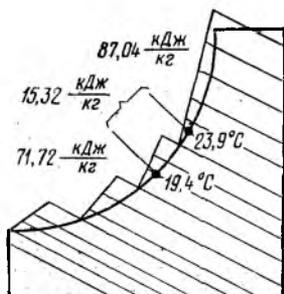


Рис. 358. Изменение общей энтальпии.

Изменения температуры по сухому термометру изменится только количество сухого тепла, так как нет изменения агрегатного состояния.

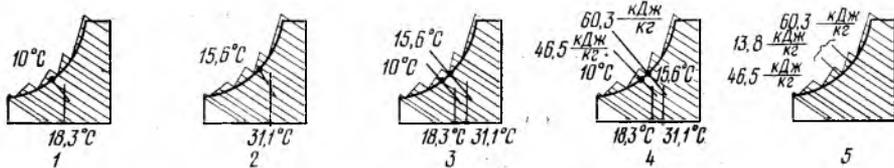


Рис. 359. Изменение количества сухого тепла при нагреве воздуха.

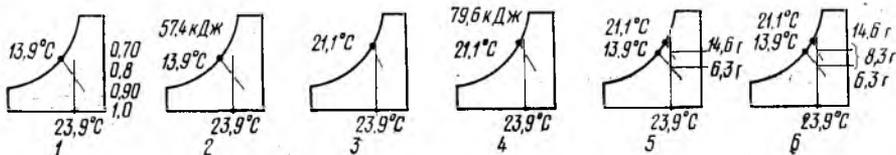


Рис. 360. Изменение количества скрытой теплоты и добавляемой влаги.

Пример 7. Во время отопительного сезона необходимо нагреть воздух с $18,3^\circ\text{C}$ по сухому термометру и 10°C по влажному термометру до $31,1^\circ\text{C}$ по сухому и $15,6^\circ\text{C}$ по влажному термометру. Определить количество сухого тепла, которое должно быть добавлено к 1 кг сухого воздуха (рис. 359).

Решение.

1. Определить точки $18,3^\circ\text{C}$ по сухому термометру и 10°C по влажному термометру.

2. Определить точки $31,1^\circ\text{C}$ по сухому термометру и $15,6^\circ\text{C}$ по влажному термометру.

3. Провести от этих точек линии по диагонали вверх, налево к шкале энтальпии.

4. Результат равен 46,5 кДж/кг.

5. Вычислить разность.

Энтальпия при 15,6 °С по влажному термометру равна 60,3 кДж/кг.

Энтальпия при 10 °С по влажному термометру равна 46,5 кДж/кг.

Количество добавляемого сухого тепла равно 13,8 кДж на 1 кг сухого воздуха.

Это изменение количества тепла является изменением количества только сухого тепла, так как нет изменения во влагосодержании воздуха.

Скрытая теплота. Температура точки росы обозначает влагосодержание воздуха.

При изменении температуры точки росы происходит изменение влагосодержания, т. е., иными словами, влагосодержание может быть изменено только при изменении температуры точки росы. Необходимо отметить поэтому, что если температура точки росы остается постоянной, то влагосодержание воздуха также не изменяется.

Шкала влагосодержания на большинстве диаграмм выражена в граммах влаги на 1 кг сухого воздуха. Температура точки росы обозначена на шкале температур по влажному термометру.

Скрытая теплота парообразования — это количество тепла, требуемое для превращения жидкости в пар при постоянной температуре. Если имеется определенное количество граммов влаги на 1 кг сухого воздуха, то требуется определенное количество тепла для превращения этой влаги в пар. Это скрытая энтальпия смеси воздуха и водяного пара.

Пример 8. Воздух, который имеет параметры 23,9 °С по сухому термометру и 13,9 °С по влажному термометру, должен быть подвергнут процессу кондиционирования, чтобы его параметры стали равны 23,9 °С по сухому термометру и 21,1 °С по влажному термометру. Необходимо определить количество добавляемой скрытой теплоты, а также количество добавляемой влаги (рис. 360).

Решение.

1. Определить точку 23,9 °С по сухому термометру и 13,9 °С по влажному термометру.

2. Провести от этой точки линию к шкале энтальпии и в результате найдем точку 57,4 кДж/кг.

3. Определить точку 23,9 °С по сухому термометру и 21,1 °С по влажному термометру.

4. Провести от этой точки линию к шкале энтальпии и в результате найдем точку 79,6 кДж/кг.

5. В данном случае к воздуху добавляется тепла: $79,6 - 57,4 = 22,2$ кДж/кг.

6. Провести от этих точек линии направо к шкале влагосодержания и в результате найдем точку 6,3 г в начале процесса и 14,6 г влаги на 1 кг сухого воздуха в конце процесса.

7. Количество добавляемой влаги на 1 кг сухого воздуха равно $14,6 - 6,3 = 8,3$ г.

Это изменение количества тепла является изменением количества только скрытой теплоты, так как нет изменения в температуре воздуха по сухому термометру.

Отношение сухого тепла к общему. Отношение сухого тепла к общему — это количество отведенного сухого тепла, делен-

ное на общее количество отведенного тепла. Отношение сухого тепла к общему обозначает количество сухого тепла в процентах от общего количества отведенного тепла. При комфортном кондиционировании воздуха отношение сухого тепла к общему составляет более 50 %. Это происходит потому, что в большинстве систем комфортного кондиционирования воздуха отводится больше сухого тепла, чем скрытой теплоты.

Отношение изменяется в зависимости от типа установки. Доля сухого тепла в общем количестве отведенного из жилого помещения тепла может быть равна 0,7 или 0,8, а для ресторана эта величина может быть 0,5 или 0,6. Это указывает на то, что 70 или 80 % количества отведенного из воздуха тепла составляет сухое тепло.

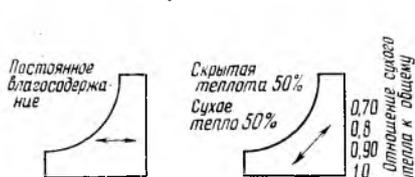


Рис. 361. Отношение сухого тепла к общему.

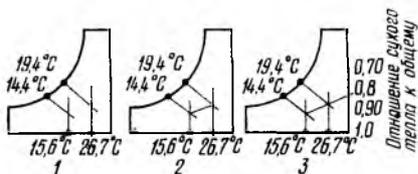


Рис. 362. Определение отношения сухого тепла к общему (линейный метод).

Шкала отношения сухого тепла к общему расположена на правой стороне психрометрической диаграммы. Отношение определяют тогда, когда параметры воздуха нанесены на диаграмме и через эти точки проходит линия к шкале отношения сухого тепла к общему (рис. 361). Когда эта линия на диаграмме находится под углом примерно 45° , отношение сухого тепла к общему равно 50 %, или 0,5. Это указывает на то, что половина отведенного тепла — это сухое тепло, а половина — скрытая теплота.

Пример 9. Требуемые параметры воздуха помещения равны $26,7^\circ\text{C}$ по сухому термометру и $19,4^\circ\text{C}$ по влажному термометру. Параметры подаваемого воздуха равны $15,6^\circ\text{C}$ по сухому термометру и $14,4^\circ\text{C}$ по влажному термометру. Определить долю сухого тепла (рис. 362).

Решение.

1. Нанести заданные условия на психрометрическую диаграмму.
2. Провести прямую линию между двумя точками.
3. Продлить эту линию до шкалы отношения сухого тепла к общему.
4. На шкале отношения сухого тепла к общему находим величину 0,8.

Другой способ определения отношения сухого тепла к общему заключается в использовании отношения общего количества отведенного тепла к количеству отведенного из воздуха сухого тепла. Если условия те же, что и в примере 9, то можно рассчитать отношение сухого тепла к общему следующим образом (рис. 363).

Решение.

1. Нанести заданные условия на психрометрическую диаграмму.
2. Провести линию от точки конечного состояния воздуха (15,6 °C по сухому термометру и 14,4 °C по влажному термометру) горизонтально направо до пересечения с линией 26,7 °C по сухому термометру.
3. Провести линию от точки 26,7 °C по сухому термометру вертикально вниз до основания диаграммы, в результате чего образуется повернутая наоборот буква L.
4. Продлить линии от точки комнатной температуры воздуха, от точки температуры подаваемого воздуха и от точки пересечения двух сторон буквы L со шкалой энтальпии.
5. Находим величину энтальпии для каждой линии при следующих условиях: параметры воздуха в помещении 32,6 кДж/кг, параметры подачи воздуха 26,2 кДж/кг, параметры пересечения буквы L 31,2 кДж/кг.

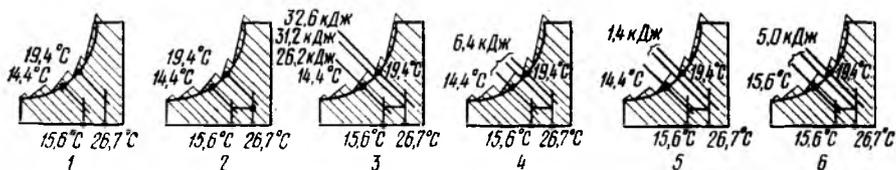


Рис. 363. Расчет отношения сухого тепла к общему.

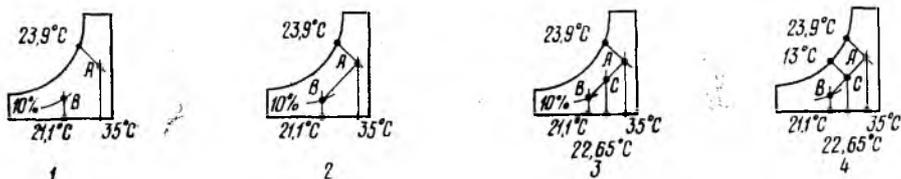


Рис. 364. Перемешивание двух количеств воздуха.

6. Количество отведенного тепла $32,6 - 26,2 = 6,4$ кДж/кг.
 7. Количество отведенной скрытой теплоты $32,6 - 26,2 = 6,4$ кДж/кг.
 8. Количество отведенного сухого тепла $31,2 - 26,2 = 5,0$ кДж/кг.
 9. Отношение сухого тепла к общему $5,0 : 6,4 = 0,78$.
- Таким образом, 78 % общего количества отведенного тепла является сухим теплом.

Перемешивание двух потоков воздуха с различными параметрами. Наука о кондиционировании воздуха рассматривает также процесс перемешивания потоков воздуха, когда, например, подаваемый поток кондиционируемого воздуха перемешивается с воздухом в помещении или с байпасируемым воздухом. Другим примером является подача свежего воздуха для вентиляции помещения. Когда известны начальное состояние и количество воздуха в этих двух источниках, состояние конечной смеси легко определить по психрометрической диаграмме.

Пример 10. Наружный воздух при 35 °C по сухому термометру и 23,9 °C по влажному термометру (точка A) должен быть перемешан с рециркулирующим воздухом, имеющим параметры 21,1 °C по сухому термо-

метру и 10 % относительной влажности (точка В). Смесь должна состоять из 25 % наружного воздуха и 75 % рециркулирующего воздуха. Определить конечные температуры смеси воздуха по сухому и влажному термометрам (рис. 364).

Решение.

1. Нанести точки А и В на диаграмму.

2. Провести линию между этими двумя точками.

3. Определить температуру по сухому термометру посредством прибавления процентного выражения каждой величины температуры по сухому термометру, т. е.:

$$25 \% \text{ от } 35^{\circ}\text{C} = 8,75^{\circ}\text{C};$$

$$75 \% \text{ от } 23,9^{\circ}\text{C} = 17,9^{\circ}\text{C}.$$

В результате температура смеси по сухому термометру равна 22,65 °С.

4. Найти точку, соответствующую 22,65 °С по сухому термометру на шкале, и провести от этой точки линию к линии смеси, т. е. найти точку С.

5. Провести линию от точки С на шкале температур по влажному термометру, в результате чего находим величину 13 °С.

Крайне важно отметить, что можно определить конечную температуру смеси воздуха по сухому термометру процентным методом, но нельзя пользоваться этим методом для определения конечной температуры по влажному термометру. Например, если процентный метод применялся бы в последнем примере, то результаты были бы следующие:

$$25 \% \text{ от } 23,9^{\circ}\text{C} = 6$$

$$75 \% \text{ от } 8,3^{\circ}\text{C} = 6,2$$

$12,2^{\circ}\text{C}$ — неправильная конечная температура по влажному термометру.

Процентный метод можно использовать для определения конечной температуры по влажному термометру посредством косвенного расчета. Для этого необходимо найти величину энтальпии для каждого состояния воздуха, а затем использовать процентный метод для определения конечной энтальпии смеси воздуха. Зная величину энтальпии смеси, можно затем определить температуру по влажному термометру.

Расчет по предыдущему примеру выглядел бы тогда следующим образом:

Пример 11. Энтальпия при 23,9 °С равна 39,9 кДж/кг, а при 8,3 °С — 19,7 кДж/кг. Определить соответственно температуру по влажному термометру.

Решение:

$$25 \% \text{ от } 39,9 \text{ кДж/кг} = 9,97 \text{ кДж/кг};$$

$$75 \% \text{ от } 19,7 \text{ кДж/кг} = 14,77 \text{ кДж/кг}.$$

Энтальпия равна 24,74 кДж/кг. Температура по влажному термометру 13,1 °С.

Расчет тепловой нагрузки

В летнее время условия окружающей среды увеличивают нагрузку на холодильное оборудование, которое удаляет избыточное количество тепла из огражденного пространства. В зимнее время условия окружающей среды увеличивают нагрузку на отопительное оборудование для подачи тепла в кондиционируемое пространство.

Процесс определения размера оборудования для кондиционирования воздуха в определенном пространстве во многом подобен процессу расчета холодильного оборудования. Основное различие заключается в том, что при расчете оборудования для кондиционирования воздуха имеется больше источников тепла.

Точный расчет нагрузки определяют четыре момента:

действительные требования к тепловой нагрузке;

выбор наиболее экономичного оборудования;

возможность минимальных расходов при максимальном снижении нагрузки;

система наиболее эффективного распределения воздуха.

Источники тепла. Источники тепла классифицируют по двум основным признакам:

источники, создающие внутреннюю тепловую нагрузку в кондиционируемом пространстве;

источники, создающие внешнюю тепловую нагрузку в кондиционируемом пространстве.

Внешняя тепловая нагрузка требует дополнительной производительности испарителя, но не влияет на кондиционированный воздух, когда он поступает в кондиционируемое пространство.

Ниже приведена классификация этих источников.

1. Источники тепла, создающие внутреннюю тепловую нагрузку:

теплопроводность через стены, крышу, окна и т. д.;

теплоприток от воздушных каналов (расположенных вне кондиционируемого пространства);

теплоприток от солнечной радиации;

тепловая нагрузка от людей в данном помещении;

тепловая нагрузка от освещения;

тепловая нагрузка от электрооборудования и различных бытовых приборов;

инфильтрация наружного воздуха.

2. Источники тепла, создающие внешнюю тепловую нагрузку:

вентиляционный воздух;

любое тепло, добавляемое в воздух при его выходе из кондиционируемого пространства.

Тепло, поступающее в кондиционируемое пространство, может подаваться от любого или от всех указанных выше источников. Для осуществления правильного расчета необходимо сделать тщательный анализ. Холодильное оборудование предназначено для удаления нежелательного тепла и поддержания требуемых параметров воздуха в данном пространстве. Поэтому следует принять меры предосторожности, чтобы общая тепловая нагрузка была равна нагрузке в пиковый период. Многие теплопритоки имеют пиковую величину в различное время. Например, ресторан может иметь пиковую нагрузку от солнечной

радиации в полдень, а пиковая нагрузка из-за пребывания людей в помещении может наступать в 7 ч вечера. Эти две пиковые нагрузки не должны суммироваться. Другим примером является то, что тепловая нагрузка от системы освещения больше тепловой нагрузки от солнечной радиации и наступает в разное время. Таким образом, совершенно очевидно, что существуют значительные колебания в тепловой нагрузке оборудования для кондиционирования воздуха. В связи с этим тепловая нагрузка рассчитывается на основе 1 ч, а не 24 ч. Холодильная система должна быть достаточной производительности для того, чтобы соответствовать пиковой тепловой нагрузке в данный час. Необходимо помнить, что эта пиковая нагрузка в этот час дня

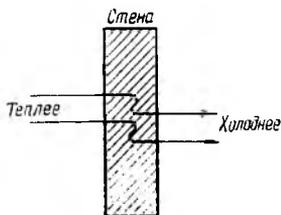


Рис. 365. Теплопередача через стену.

соответствует сумме тепловых нагрузок в пиковой точке, а не является просто суммой тепловых нагрузок.

Проводимость тепловой нагрузки. Тепло всегда передается в направлении от более теплой зоны к более холодной. Поэтому, если температура в кондиционируемом пространстве понижается, то тепло проходит через стены, двери, окна и т. д., т. е. извне внутрь помещения (рис. 365). Количество тепла, проходящее через стену, температура которой различна на обеих сторонах, зависит от следующих трех факторов: площади стены; характеристики теплопроводности стены, называемой коэффициентом теплопередачи; разности температур в пространствах, разделяемых стеной.

Эти три фактора относятся ко всем конструкциям, например дверям, окнам, крышам. Ниже следует формула расчета теплового потока

$$Q = KF(t_1 - t_2),$$

где Q — тепловой поток, Вт; K — количество тепла, проходящего через 1 м² материала за 1 ч при разности температур 1 °С по обе стороны, кДж; F — площадь поверхности стены, окна, двери и т. д., м²; t_1 — наружная температура, °С; t_2 — внутренняя температура, °С.

Разность температур $t_1 - t_2$ часто обозначается как Δt , и тогда формула приобретает следующий вид: $Q = KF\Delta t$.

Коэффициенты теплопередачи большинства конструкций зданий для удобства представлены ниже.

Когда требуется определить тепловую нагрузку, необходимо рассчитывать каждую конструкцию в отдельности.

Наружные стены	Коэффициент теплопередачи. Вт/(м ² ·°С)
Деревянная обшивка (стойки 50,8×101,6 мм), покрытая штукатуркой	0,43
Деревянная обшивка (стойки 50,8×101,6 мм), изоляция 12,7 мм, покрытая штукатуркой	0,29

Кирпичная облицовка (стойки 50,8×101,6 мм), покрытая штукатуркой	0,47
Кирпичная облицовка (стойки 50,8×101,6 мм), изоляция 12,7 мм, покрытая штукатуркой	0,31
Наружная штукатурка (стойки 50,8×101,6 мм)	0,52
Кирпичная стена 203,2 мм толщиной без внутренней отделки	0,87
Кирпичная стена толщиной 203,2 мм, покрытая штукатуркой	0,52
Кирпичная стена толщиной 304,8 мм, покрытая штукатуркой	0,42
Пустотелая плитка толщиной 254 мм	0,68
Пустотелый кирпич толщиной 304,8 мм	0,35
Кирпич с бетонным покрытием толщиной 254 мм	0,83

Внутренние стены или перегородки

Деревянная дранка, оштукатуренная с обеих сторон	0,59
Деревянная дранка, оштукатуренная с обеих сторон и покрытая слоем изоляции толщиной 12,7 мм	0,36
Пустотелая плитка толщиной 101,6 мм, оштукатуренная с обеих сторон	0,69
Обыкновенный кирпич толщиной 101,6 мм, оштукатуренный с обеих сторон	0,74

Полы, потолки и крыши

Оштукатуренный потолок без настила сверху	1,07
Оштукатуренный потолок с настилом 25,4 мм	0,48
Оштукатуренный потолок на бетонной плите 101,6 мм	1,02
Подвесной оштукатуренный потолок под бетонной плитой 101,6 мм	0,64
Слой бетона 101,6 мм (пол или потолок)	1,13
Слой бетона 203,2 мм (пол или потолок)	0,92
Обычный деревянный пол	0,61
Обычная бетонная крыша	0,43
Обычная деревянная крыша	0,52

Стекло и двери

Окно с одиночным остеклением	1,96
Окна с двойным остеклением	0,78
Тонкая дверь	1,96
Дверь из толстой панели (31,7 мм)	1,02
Дверь из толстой панели (31,7 мм) с остеклением	0,66

Пример 12. Рассмотрим стену, имеющую длину 24,32 м, высоту 2,43 м, возведенную из кирпича толщиной 20,32 см и покрытую штукатуркой. Одна дверь из тонкой панели имеет высоту 1,8 м и ширину 0,76 м. Разность температур равна 8,4 °С. Для конструкции такого типа находим коэффициент теплопередачи, равный 52 Вт/(м² · °С) для стены и 1,96 Вт/(м² · °С) для двери.

Решение.

Общая площадь стены 59,10 м².

Площадь двери 1,37 м².

Разность 57,73 м².

Необходимо сделать подстановку этих значений в формулу $Q = KF\Delta t$.

Теплоприток через стену $57,73 \cdot 0,52 \cdot 8,4 = 252,2$ Вт.

Теплоприток через дверь $1,37 \cdot 1,96 \cdot 8,4 = 22,6$ Вт.

Суммарный теплоприток 274,8 Вт.

Пример 13. Часть 1. Этот пример более сложный, чем пример 12. Для его решения необходимо пользоваться рис. 366. Расчеты выполняются в три стадии. Сначала рассмотрим наружные стены. Стена имеет длину 3,04 м и высоту 2,43 м. Она возведена из кирпича толщиной 20,32 см и покрыта штукатуркой.

Решение.

Площадь наружных стен брутто $3(3,04 \times 2,43) = 22,16 \text{ м}^2$.

Площадь наружного остекления $2(1,2 \times 1,5) = 3,6 \text{ м}^2$.

Площадь наружных стен нетто $22,16 - 3,6 = 18,56 \text{ м}^2$.

Коэффициент теплопередачи для стены, по данным, приведенным на с. 397, равен 0,52, а для стекла — 1,96.

Разность температур $35 - 26,7 = 8,3 \text{ }^\circ\text{C}$.

Теплоприток через стену $18,56 \text{ Вт} \cdot 0,52 \cdot 8,3 = 80,2 \text{ Вт}$.

Теплоприток через остекление $3,6 \text{ Вт} \cdot 1,96 \cdot 8,3 = 58,6 \text{ Вт}$.



Рис. 366. Чертеж к примеру 13.

Расчетные условия внутри помещения: $26,7 \text{ }^\circ\text{C}$ по сухому и $19,4 \text{ }^\circ\text{C}$ по влажному термометрам; расчетные наружные условия: $35 \text{ }^\circ\text{C}$ по сухому и $23,9 \text{ }^\circ\text{C}$ по влажному термометрам. Наружные стены из полых оштукатуренных плит толщиной 254 мм, цвет «средний»; перегородка из оштукатуренных с обеих сторон плит толщиной 102 мм; пол из бетона толщиной 25 мм на земле; бетонный потолок толщиной 102 мм, оштукатуренный, расположенный на высоте 2,44 м; окна с одиночным остеклением, размер $1,2 \times 1,5 \text{ м}$; двери из тонкой панели, размер $0,76 \times 1,83 \text{ м}$, над кондиционируемым помещением расположена кухня.

Разность температур. В действительных условиях температура $8,33 \text{ }^\circ\text{C}$ не остается постоянной для всех поверхностей при расчете величины теплопроводности. Например, если кондиционируемое пространство находится по одну сторону перегородки, а по другую — высокотемпературное помещение, которым может быть котельная, то очевидно, что разность температур $8,33 \text{ }^\circ\text{C}$ не является достаточной величиной. В случаях, когда разность температур $8,33 \text{ }^\circ\text{C}$ для наружных стен — достаточная величина, разность температур для перегородки выше $8,33 \text{ }^\circ\text{C}$ (см. данные, приведенные ниже).

Конструкция	Разность температур при ненормальных условиях (на основе нормальной разности температур $8,33 \text{ }^\circ\text{C}$ для наружных стен), $^\circ\text{C}$
Наружные стены	8,33
Остекление в наружных стенах	8,33
Остекление в перегородках	5,66
Перегородки рядом с некондиционируемыми помещениями	5,56
Перегородки рядом с прачечными, кухнями, котельными, витринами магазинов со значительной тепловой нагрузкой от освещения	16,66
Полы над кондиционируемыми помещениями	5,56
Полы на земле или над неветилируемыми пространствами или подвалами	0
Полы над прачечными, кухнями или котельными	22,24
Полы над вентилируемыми пространствами	8,33
Потолки, над которыми находятся некондиционируемые помещения	5,56
Потолки, над которыми находятся прачечные, кухни и т. д.	13,89
Потолки, над которыми непосредственно находится крыша (без чердака)	8,33

Потолки, над которыми находится полностью закрытое чердачное помещение, над ним имеется крыша	11,11
Потолки, над которыми расположено вентилируемое чердачное помещение, а над ним имеется крыша	8,33

Если для наружных стен необходимо поддерживать разность температур $11,11\text{ }^{\circ}\text{C}$, то $2,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ должны быть добавлены к величине разности, указанной выше. Например, для потолков, над которыми расположены прачечные или кухни, разность составляет $13,89\text{ }^{\circ}\text{C}$, а нормальная разность равна $8,33\text{ }^{\circ}\text{C}$. Если нормальная разность в данном случае должна быть $11,11\text{ }^{\circ}\text{C}$, необходимо добавить $2,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ к $13,89\text{ }^{\circ}\text{C}$ и для данного потолка получаем разность, равную $16,69\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Пример 13. Часть 2. Далее рассчитываем теплоприток через перегородку, пол и потолок.

Решение.

Площадь перегородки брутто $3,04\text{ м} \times 2,4\text{ м} = 24,3\text{ м}^2$.

Площадь двери брутто $1,8\text{ м} \times 0,76\text{ м} = 4,56\text{ м}^2$.

Площадь перегородки нетто $19,76\text{ м}^2$.

На с. 397 дано, что коэффициент теплопередачи для перегородки $0,69$.

Коэффициент теплопередачи для двери из тонких панелей $1,96$.

Перегородки около некондиционируемого пространства должны иметь разность температур $5,56\text{ }^{\circ}\text{C}$, когда применяется нормальная разность $8,33\text{ }^{\circ}\text{C}$. Эта разность относится также и к двери (см. с. 398).

Теплоприток через перегородку $19,76 \cdot 0,69 \cdot 5,56 = 75,8\text{ Вт}$.

Теплоприток через дверь $4,56 \cdot 1,96 \cdot 5,56 = 49,7\text{ Вт}$.

Площадь пола $3,04\text{ м} \times 3,04\text{ м} = 9,2\text{ м}^2$.

Площадь потолка $3,04\text{ м} \times 3,04\text{ м} = 9,2\text{ м}^2$.

Коэффициент теплопередачи для пола $1,13$, а для потолка $1,02$ (см. с. 397).

Разность температур для пола $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, а для потолка $13,89\text{ }^{\circ}\text{C}$ (см. с. 398).

Теплоприток через потолок $9,2 \cdot 1,02 \cdot 13,89 = 130,3\text{ Вт}$.

Теплоприток через пол $9,2 \cdot 1,13 \cdot 0 = 0\text{ Вт}$.

Общий теплоприток проводимости теперь рассчитывается суммированием всех рассчитанных величин:

наружные стены $80,2\text{ Вт}$;
 наружное остекление $58,6\text{ Вт}$;
 перегородка $75,8\text{ Вт}$;
 дверь в перегородке $49,7\text{ Вт}$;
 потолок $130,3\text{ Вт}$;
 пол 0 Вт .

Общий теплоприток $394,6\text{ Вт}$.

Система кондиционирования воздуха, рассчитанная на это здание, должна удалить $394,6\text{ Вт}$ тепла, поступающего в результате проводимости. Это количество тепла проводится через наружные стены и поверхности. Тепло, поступающее от других источников тепла и удаляемое данной системой кондиционирования воздуха, будет рассмотрено в последующих примерах.

Расчетная температура. Расчетная температура при кондиционирования воздуха основывается не на максимальной температуре для данной местности, а на средней максимальной температуре. Экономически нецелесообразно устанавливать систему кондиционирования воздуха, которая могла бы обеспечить требуемое охлаждение при максимальной температуре, когда ее продолжительность невелика.

Тепловая нагрузка от солнечной радиации. Когда крыша, потолок, стена или окна подвергаются действию солнечной радиации, поверхность нагревается очень быстро, в результате чего увеличивается разность между температурами внутренней и наружной поверхностей. Ниже даны факторы, влияющие на величину теплопритока от солнечной радиации.

1. Время суток.
2. Направление открытых поверхностей.
3. Цвет открытой поверхности.
4. Тип и шероховатость поверхности.
5. Географическая широта.

Время дня является очень важным фактором, так как величина солнечной радиации характеризуется значительными колебаниями в зависимости от времени суток. Разработаны графики с указанием избыточной разности температур из-за солнечной радиации на любую стену или крышу в любое время дня (рис. 367). Эффект солнечной радиации на восточную стену имеет максимальное значение в 10 ч утра. Максимальный эффект радиации на южные стены и крышу имеет место в 14 ч, а на западные стены — к 20 ч.

Когда лучи солнца перпендикулярны к поверхности, интенсивность поглощения тепла становится максимальной.

Однако из-за задержки во времени тепло, проходящее через стену, не ощущается в течение некоторого времени в кондиционируемом пространстве. Эта задержка во времени колеблется по длительности в зависимости от конструкции поверхности. Например, конструкция, представляющая собой легкую раму, может иметь задержку во времени менее одного часа, а сложная кирпичная конструкция может иметь задержку на несколько часов. Конструкция среднего типа имеет обычно задержку во времени на 2 ч. Например, в полдень солнечная радиация перпендикулярна крыше, но пиковый эффект не ощущается до 14 ч.

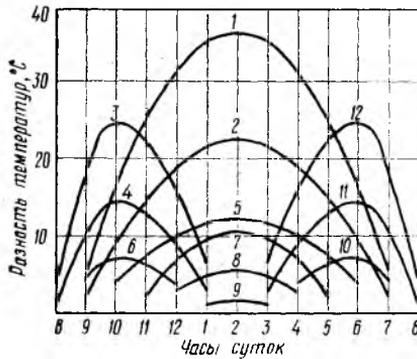


Рис. 367. Теплопритоки от солнечной радиации:

- 1 — крыша «темного» цвета; 2 — крыша «среднего» цвета; 3 — темная восточная стена; 4 — восточная стена «среднего» цвета; 5 — светлая крыша; 6 — восточная стена «светлого» цвета; 7 — темная южная стена; 8 — южная стена «среднего» цвета; 9 — светлая южная стена; 10 — светлая западная стена; 11 — западная стена «среднего» цвета; 12 — темная западная стена.

При прохождении солнечной радиации через стекло нет задержки во времени, так как солнечные лучи проходят непосредственно через стекло и высвобождают тепло при контакте с предметами, находящимися в помещении. Теплоприток от сол-

нечной радиации поэтому является максимальным в то время, когда солнечные лучи проходят через окно с наивысшей интенсивностью. Когда необходимо кондиционировать воздух в здании, окна и остекление обычно защищены от прямой солнечной радиации.

Стены и крыши с темными поверхностями поглощают значительно больше тепла, чем светлоокрашенные поверхности. В связи с этим крыши обычно окрашиваются в светлые тона или светоотражающей краской. Тепло от солнечной радиации не учитывается, если над кондиционируемым пространством имеются вентилируемое пространство, чердак, или когда крыша находится в тени от соседнего дома, и т. д., за исключением короткого периода в полдень. Когда крыши частично затенены, необходимо рассчитать теплоприток только на открытую часть. Если крыша орошается водой для охлаждения поверхности, тепловая нагрузка от солнечной радиации не рассчитывается для крыши.

Если не принять меры для уменьшения эффекта солнечной радиации, то нагрузка от солнечной радиации в одноэтажном здании достигает пиковой величины, когда солнце находится в апогее. На величину тепловой нагрузки обычно влияют площадь восточной и западной стен и остекления, а также в некоторой степени — южные стены и остекление. Расчету нагрузки от солнечной радиации необходимо уделять серьезное внимание.

При определении тепловой нагрузки от солнечной радиации необходимо помнить, что она рассчитывается отдельно от нагрузки теплопроводностью и в дополнение к последней.

Тепловая нагрузка от солнечной радиации рассчитывается точно так же, как и нагрузка от теплопроводности. Необходимо определить площадь и умножить полученную величину на коэффициент теплопроводности, который является характеристикой стены. Этот коэффициент затем перемножается на разность температур солнечной радиации, которая определяется на рис. 367.

Пример 13. Часть 3.

По рис. 366, можно рассчитать тепловую нагрузку от солнечной радиации на восточную стену и остекление.

Решение.

Площадь стены брутто $3,04 \text{ м} \times 2,43 \text{ м} = 7,39 \text{ м}^2$.

Площадь остекления $21,2 \text{ м} \times 1,5 \text{ м} = 3,6 \text{ м}^2$.

Как и ранее, коэффициент теплопередачи для стены 0,52, а для остекления 1,96.

На рис. 367 видно, что пиковая нагрузка от солнечной радиации на восточную стену, окрашенную в «средний» цвет, имеет место в 10 ч. Комбинированную тепловую нагрузку от солнечной радиации рассчитывают следующим образом (табл. 22).

Таблица 22. Расчет к примеру 13. Часть 3

Поверхность	8 ч утра. Коэффициент тепло- передачи \times разность температур	9 ч утра. Коэффициент тепло- передачи \times разность температур	10 ч утра. Коэффициент тепло- передачи \times разность температур
Восточная стена	$3,6 \text{ м}^2 \cdot 0,52 \times$ $\times 1,12 \text{ }^\circ\text{C} =$ $= 2,1 \text{ Вт}$	$3,6 \text{ м}^2 \cdot 0,52 \times$ $\times 10 \text{ }^\circ\text{C} = 18,7 \text{ Вт}$	$3,6 \text{ м}^2 \cdot 0,52 \times$ $\times 14,56 \text{ }^\circ\text{C} =$ $= 27,3 \text{ Вт}$
Восточное остекление	$3,6 \text{ м}^2 \cdot 1,96 \times$ $\times 29,12 \text{ }^\circ\text{C} =$ $= 205 \text{ Вт}$	$3,6 \text{ м}^2 \cdot 1,96 \times$ $\times 25,76 \text{ }^\circ\text{C} =$ $= 182 \text{ Вт}$	$3,6 \text{ м}^2 \cdot 1,96 \times$ $\times 17,9 \text{ }^\circ\text{C} =$ $= 126 \text{ Вт}$
Суммарное тепло	207,1 Вт	200,7 Вт	153,3 Вт

Таблица 23. Теплопритоки в помещения целевого назначения

Помещение	Сухое тепло, Вт	Скрытая теплота, Вт	Общее количество тепла, Вт
Театр	57,3	45,3	102,6
Контора	58,5	73,5	132
Танцзал	70,1	178	248,1
Кегельбан	136	288	424

Необходимо обратить внимание на то, что комбинированный теплоприток может не иметь место в то время, когда наступает пик какой-либо отдельной тепловой нагрузки. Этот расчет показывает, что пиковая нагрузка от солнечной радиации на восточную стену и остекление равна 207,1 Вт в 8 ч утра. Необходимо помнить, что это является дополнением к нагрузке от теплопроводности и имеет место только тогда, когда светит солнце. Нагрузка от теплопроводности эффективна даже в том случае, если солнце не светит.

Теплопритоки в помещения целевого назначения. Теплопритоки в помещения целевого назначения также были рассчитаны и таблица составлена на основании полученных величин (табл. 23). Здесь можно обратить внимание на то, что это первый случай, когда теплота делится на сухое тепло и скрытую теплоту. При пользовании этой таблицей необходимо определить, сколько человек попадает в пункты данной системы классификации; и перемножить это количество на соответствующую величину, указанную в табл. 23.

Количество тепла, отдаваемое человеком, зависит от активности данного лица. Например спокойно сидящие лица в квартирах, ресторанах или в театрах отдают примерно 102,5 Вт тепла. При средней активности человека количество отдаваемого тепла может увеличиться до 249,1 Вт.

Пример 14. В ресторане, где работают пять человек и могут разместиться 30 посетителей, тепловая нагрузка от людей рассчитывается следующим образом.

Решение.

Сухое тепло от посетителей $30 \cdot 57,3 = 1719$ Вт.

Сухое тепло от сотрудников $5 \cdot 70,1 = 350,5$ Вт.

Скрытая теплота от посетителей $30 \cdot 45,3 = 1359$ Вт.

Скрытая теплота от сотрудников $5 \cdot 178 = 890$ Вт.

Общее количество отдаваемого тепла $1719 + 350,5 + 1359 + 890 = 4318,5$ Вт.

Инфильтрация. Инфильтрация воздуха является источником внешней тепловой нагрузки на установку кондиционирования воздуха. Инфильтрация происходит практически в любом здании, так как невозможно сделать все помещения воздухоизолируемыми. Воздух поступает в кондиционируемое пространство через щели в дверях, окнах и т. д., если только в помещении нет избыточного давления. В жилом помещении или небольшой конторе, где нет повышенного количества табачного дыма или других неприятных запахов, за счет естественной инфильтрации подается достаточное количество воздуха. Для удовлетворения потребности данного пространства в вентиляционном воздухе площадь отверстия для его подачи должна превышать или, по крайней мере, быть равной 5 % площади вентилируемого пространства. Кроме того, это пространство должно быть такого размера, чтобы на каждого человека, находящегося в нем, приходилось не менее 15 м^2 площади и 14 м^3 объема. При удовлетворении этих условий инфильтрация свежего воздуха достаточна и ликвидируется необходимость в принудительной вентиляции, если только это не противоречит данным, приведенным ниже. Хорошо сконструированные установки обеспечивают потребности в вентиляционном воздухе независимо от инфильтрации воздуха.

Минимальная потребность в наружном воздухе (в $\text{м}^3/\text{мин}$ на 1 человека) для вентиляции помещений приведена ниже:

Жилье	0,28—0,42
Аудитории	0,14—0,21
Парикмахерские	0,28—0,42
Коктейль-бар	0,57—0,84
Универсальный магазин	0,14—0,21
Аптека	0,21—0,28
Контора (общие помещения)	0,28—0,42
Палата на одного человека в больнице	0,42—0,7
Общая палата в больнице	0,21—0,28
Номер в гостинице	0,57—0,84
Ресторан	0,34—0,42
Небольшой магазин	0,14—0,21
Театр (курить запрещено)	0,14—0,21

Когда имеется две стены с дверями и окнами, в расчете следует учитывать стену, через которую происходит большее просачивание воздуха. Если имеется более двух стен с дверями и окнами, то в расчете следует учитывать ту стену, через которую имеет место наибольшее просачивание, или половину всех

Таблица 24. Инфильтрация (в м³/ч) на метр длины щели

Тип проема в стене	Состояние	Скорость ветра, км/ч					
		8	16	24	32	40	48
Двойное деревян- ное окно	Среднее прилега- ние без погодной защиты	0,55	1,84	3,68	5,52	7,36	9,2
Двойное деревян- ное окно	Среднее прилега- ние с погодной защитой	0,46	1,38	2,3	3,22	4,6	5,98
Двойное деревян- ное окно	Плохое прилега- ние с погодной защитой	0,55	1,84	3,22	4,6	6,44	8,28
Двойное металли- ческое окно	Без погодной защиты	1,84	4,14	6,44	9,2	12,42	15,64
Двойное металли- ческое окно	С погодной за- щитой	0,55	1,66	2,76	4,05	5,34	6,9
Стальное створ- чатое окно	Ящичного типа, хорошее приле- гание	0,55	1,66	2,76	4,05	5,34	6,9
Стальное створ- чатое окно	Ящичного типа, среднее приле- гание	1,1	2,76	4,6	6,9	9,2	11,5
Стальное створ- чатое окно	Промышленного типа	4,6	10,12	16,1	22,08	27,6	34,5
Двери	Хорошее приле- гание без погод- ной защиты	2,76	6,44	10,12	14,26	18,4	23
Двери	Хорошее приле- гание с погодной защитой	1,38	3,22	5,06	6,9	9,2	11,5
Двери	Плохое прилега- ние без погодной защиты	5,06	12,88	20,7	28,52	36,8	46
Двери	Плохое прилега- ние с погодной защитой	2,76	6,44	10,12	14,26	18,4	23

Примечание. Применение противостормовой защиты на створчатых окнах позволяет снизить инфильтрацию на 50 %, если окна плохо прилегают.

стен, причем ту половину, которая характеризовалась бы большей инфильтрацией воздуха (табл. 24).

Тепловая нагрузка от инфильтрации. Ранее приведенные пояснения и примеры делают очевидным факт, что инфильтрующий воздух является внутренней тепловой нагрузкой в данном пространстве. Поэтому ее необходимо разделить на сухое тепло и скрытую теплоту. Это не то же самое, что вентиляционный воздух, который является тепловой нагрузкой на холодильную установку, а не на помещение. Когда вентиляционный воздух подается в кондиционируемое пространство, необходимо рассчитать общую тепловую нагрузку от воздуха.

Пример 15. Определить величину инфильтрации воздуха в помещение, имеющие три стены с проемами. В одной стене имеются три средних двойных окна, размер которых $0,6 \times 1,5$ м. В противоположной стене имеется створчатое окно промышленного типа размером $0,9 \times 0,9$ м. В третьей стене имеется плохо смонтированная дверь размером $0,9 \times 1,8$ м. Средняя скорость ветра равна 8 км/ч в летний сезон.

Решение.

Горизонтальные щели вверху, в центре и в низу окон $0,6 \times 3 = 1,8$ м.

Вертикальные щели $1,5 \times 2 = 3$ м.

Общая длина щели для одного окна $4,8$ м.

Общая длина щели для трех окон $4,8 \times 3 = 14,4$ м.

Скорость ветра 8 км/ч для среднего двойного окна создает инфильтрацию $0,46$ м³ в час на один метр длины щели.

Количество инфильтрующегося воздуха в час через первую стену $14,4 \text{ м} \cdot 0,46 = 6,62$ м³/ч.

Створчатое окно имеет общую длину щели $0,9 \times 4 = 3,6$ м.

Количество инфильтрующегося воздуха для промышленного створчатого окна при скорости ветра 8 км/ч равно $1,4$ м³ в час.

Количество инфильтрующегося воздуха в час через вторую стену $3,6 \text{ м} \cdot 1,4 = 5,04$ м³.

Длина щели для двери в третьей стене $2(1,8 \text{ м} + 0,9 \text{ м}) = 5,4$ м.

Плохо прилегающая дверь пропускает $2,79$ м³ инфильтрующегося воздуха в час на 1 м длины щели при скорости ветра 8 км/ч.

Инфильтрующегося воздуха в час через третью стену проходит $5,4 \cdot 2,79 = 15,07$ м³.

Общая (суммарная) инфильтрация через три стены $6,62 + 4,04 + 15,07 = 26,73$ м³/ч.

В связи с тем что установка для кондиционирования воздуха должна охлаждать все количество инфильтрующегося воздуха, это количество должно быть добавлено в виде тепловой нагрузки на установку. Однако это количество инфильтрующегося воздуха недостаточно для минимального удовлетворения потребности в свежем воздухе. Свежий воздух должен всасываться установкой, чтобы обеспечить эту потребность (см. с. 403). Это дополнительное количество свежего воздуха предотвращает естественную инфильтрацию и создает внутреннее давление, которое является причиной нагнетания воздуха из данного пространства вместо его всасывания. Это оптимальный вариант, так как все количество воздуха, поступающее в данное пространство, должно сначала пройти через оборудование для кондиционирования воздуха.

Пример 16. Общее количество инфильтрующегося воздуха, рассчитанное в примере 15, равнялось $26,73$ м³/ч. Так как основой психрометрической диаграммы, которой мы пользуемся для определения свойств воздуха, является 1 кг сухого воздуха, необходимо заменить 1 м³/ч на 1 кг/ч. Если температура наружного воздуха по сухому термометру 35 °С и по влажному термометру $23,9$ °С, а внутренние расчетные условия $26,7$ °С по сухому термометру и $19,4$ °С по влажному термометру, то психрометрическая диаграмма показывает, что сухой воздух при 35 °С по сухому термометру весит $1,1$ кг/м³.

Общее количество воздуха $26,73 \cdot 1,1 = 29,4$ кг сухого воздуха в час.

Количество тепла при $23,9$ °С по влажному термометру $87,04$ кДж на 1 кг сухого воздуха.

Количество тепла при $19,4$ °С по влажному термометру $71,72$ кДж на 1 кг.

Количество отведенного тепла $87,04 - 71,72 = 15,32$ кДж/кг.

Общее количество тепла от инфильтрации $29,4 \text{ кг} \cdot 15,32 \text{ кДж/кг} = 450,4$ кДж.

Это общее количество тепла теперь необходимо разделить на сухое тепло и скрытую теплоту.

Энтальпия при 35°C по сухому термометру $52,8$ кДж на 1 кг сухого воздуха.

Энтальпия при $26,7^\circ\text{C}$ по сухому термометру $44,4$ кДж на 1 кг сухого воздуха.

Общее количество отведенного сухого тепла $52,8 - 44,4 = 8,4$ кДж на 1 кг сухого воздуха.

Общее количество сухого тепла от инфильтрации $29,4 \text{ кг} \cdot 8,4 \text{ кДж/кг} = 244,0$ кДж.

Скрытая теплота, которая должна быть отведена, это общее количество тепла минус сухое тепло. Поэтому отведенная скрытая теплота $450,4 - 244,0 = 206,4$ кДж.

Тепловая нагрузка от вентиляции. Необходимо сравнить количество инфильтрующегося воздуха с минимальной потребностью в свежем воздухе, и, если его недостаточно, вентиляционный воздух подается через оборудование для кондиционирования воздуха. Не должно быть одновременно тепловой нагрузки от вентиляции и тепловой нагрузки от инфильтрации. В примере 15 было определено, что $26,73 \text{ м}^3/\text{ч}$ воздуха поступило в помещение через инфильтрацию. Если помещение является конторой, в которой находятся два человека, нужно $0,28 \text{ м}^3 \times 2 \times 60 \text{ мин} = 33,96 \text{ м}^3$ воздуха в час, так как ранее было указано, что на каждого человека требуется $0,28 \text{ м}^3$ в минуту.

Поэтому количество инфильтрующегося воздуха будет недостаточным, и тепловая нагрузка в связи с подачей $33,96 \text{ м}^3$ воздуха добавляется к тепловой нагрузке от проводимости. Однако нет необходимости в разделении тепловой нагрузки от вентиляции на тепловую нагрузку по сухому теплу и тепловую нагрузку по скрытой теплоте. Тепловая нагрузка от вентиляции рассчитывается точно так же, как и тепловая нагрузка от инфильтрации.

Тепловая нагрузка от электрических приборов. Только 5% или даже меньше электроэнергии, расходуемой системой освещения, превращается в свет. Остальные 95% электроэнергии отдаются в виде тепла. В связи с этим тепловая нагрузка от системы освещения должна рассчитываться на основе общего расхода электроэнергии системой освещения. В этих расчетах используется величина $3,6 \text{ кДж/Вт}$. В расчет нагрузки необходимо включить только освещение, используемое во время пиковой нагрузки. В другом помещении, расположенном этажом ниже в большом здании, могут быть включены все осветительные приборы, а эффект солнечной радиации будет очень небольшим. Эти условия требуют, чтобы тепловая нагрузка от системы освещения была включена в расчет. Если агрегат установлен в освещенном солнцем месте и требуется дополнительное искусственное освещение, в расчет необходимо включать обе нагрузки. Когда используется флуоресцентное освещение,

то в расчет необходимо добавить 25 % нагрузки от освещения из-за тепла, генерируемого балластом.

Электроприборы, например тостеры, сушилки для волос и т. д., рассчитываются на той же основе, что и электроосвещение, т. е. 3,6 кДж/Вт. Если все тепло, генерируемое этими приборами, рассеивается в кондиционируемом пространстве, общая величина подаваемой мощности умножается на 3,41. Необходимо учитывать также длительность работы этих приборов. Например, тостер может быть непрерывно включен в ресторане во время завтрака, но в обеденное время им не пользуются. Поэтому нет необходимости включать тостер в расчет.

Электродвигатели отдают переменное количество тепла. Крупные двигатели более эффективны, чем небольшие, и поэтому генерируют и рассеивают меньше тепла в кондиционируемом пространстве. Для удобства ниже приведены эквивалентные величины для электродвигателей.

Наименование	Удельное количество тепла, кДж/Вт
Освещение	3,6
Приборы (тостеры, сушилки для волос и т. д.)	3,6
Электродвигатели мощностью, Вт	
от 93 до 373	921
» 559 » 2237	801,9
» 3728 » 14 914	650

Тепловая нагрузка от газовых и паровых приборов. К этим приборам относится кухонное оборудование для варки и подогрева, кофеварки и пр. (табл. 25).

Каждый килограмм пара, сконденсированный змеевиком в столе с подогревом, добавляется к тепловой нагрузке. Это равно 2210 кДж на 1 кг сконденсированного пара. В связи с тем что нагретая пища отдает влагу, это тепло должно рассматриваться как состоящее наполовину из сухого тепла и наполовину из скрытой теплоты. Кофеварки с газовым нагревом

Таблица 25. Тепло (в Вт) от газовых и паровых приборов

Наименование	Сухое	Скрытое	Общее количество
Стол с обогревом	293	293	586
Кофеварка в ресторане	1465	1465	2930
Природный газ на 1 м ³	146	146	292
Искусственный газ на 1 м ³	80,6	80,6	161,2
Пар, сконденсированный в обогревающих змеевиках, на 1 кг	310	310	620

Примечания: 1. Если над столами с обогревом и кофеварками имеются вытяжные зонты, необходимо включить только 50 % тепловой нагрузки от этих источников.

2. Кофеварки могут учитываться также на основе расхода приблизительно 0,0074 м³ природного газа или приблизительно 0,0148 м³ искусственного газа в час на 1 л номинальной производительности.

выделяют тепло, генерируемое горящим газом. Это тепло также состоит наполовину из сухого тепла и наполовину из скрытой теплоты. Количество тепла, отдаваемое кофеварками, определяется из расчета $0,0074 \text{ м}^3$ природного газа или $0,0148 \text{ м}^3$ ископаемого газа на 1 л номинальной производительности кофеварки. Если над кофеварками смонтированы вытяжные вентиляторы, тепловая нагрузка по сухому теплу и скрытой теплоте может быть снижена на 50 %.

Теплопритоки от воздушных каналов. Когда воздушные каналы находятся в горячих местах, например на чердаках или в котельных, на холодильный агрегат подается дополнительная тепловая нагрузка. Тепло, которое добавляется в воздух, должно быть отведено агрегатом кондиционирования воздуха. Ниже приведены коэффициенты теплопередачи [в $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$] для воздушных каналов.

Неизолированный листовый металл	1,96
Средняя теплоизоляция толщиной 12,7 мм	0,71

Необходимо отметить, что, когда канал расположен внутри кондиционируемого пространства, не требуется рассчитывать теплоприток от воздушного канала. Любой теплоприток поступает из кондиционируемого пространства. Величина теплопритока от воздушных каналов влияет на величину требуемого охлаждения.

Так как количество воздуха, которое подается в кондиционируемое пространство, определяется в зависимости от количества отводимого сухого тепла, то следует, что размеры воздушных каналов находятся в косвенном соотношении с количеством подводимой в кондиционируемое пространство теплоты. Поэтому очевидно, что теплоприток от воздушного канала рассчитывается в процентах от подводимой теплоты, который колеблется от 0 до 5 %. Необходимо учитывать длину канала в некондиционируемом пространстве, а также температуру окружающей среды. Вышеуказанные величины в процентах основаны на предположении, что все воздушные каналы, установленные в некондиционируемом пространстве, изолированы.

Методика расчета теплопритока от воздушного канала та же, что и для расчета теплопритока от любого другого источника потока тепла. Площадь открытого канала перемножается на коэффициент теплопередачи, указанный выше. Полученная сумма затем перемножается на разность температур по сухому термометру между воздухом внутри канала и вне его.

Теплопритоки от вентилятора. Для поддержания соответствующей циркуляции воздуха используется вентилятор. Размер вентилятора зависит от количества циркулируемого воздуха, которое тоже зависит от общего количества сухого тепла. Допуск мощности вентилятора также может быть выражен в виде процента от количества сухого тепла. Эта величина равна 3—

4 % от общей тепловой нагрузки по сухому теплу. Обычным, однако, является допуск, равный 5 % в качестве комбинированного коэффициента для теплопритока от воздушного канала и теплопритока от вентилятора.

Коэффициент запаса. В связи с наличием большого количества переменных расчет тепловой нагрузки не является точным. Например, коэффициенты теплопередачи рассчитываются с высокой степенью точности для большинства типов конструкций, но у инженера-конструктора нет уверенности в том, что рассматриваемая конструкция идентична во всех отношениях экспериментальной, на основании которой были выведены указанные коэффициенты. Кроме того, внутренние тепловые нагрузки от людей, освещения и оборудования, а также коэффициенты затенения, цвет наружных поверхностей и т. д. могут отличаться от типовых характеристик. В связи с этим рекомендуется применить коэффициент запаса к рассчитанной тепловой нагрузке. Этот коэффициент запаса должен колебаться от максимальной величины на очень малых установках, где любое колебание может серьезно повлиять на производительность системы, до минимальной величины на очень больших установках, где имеется большая вероятность того, что возможные колебания могут исключать друг друга. Коэффициент запаса, равный 10 %, обычно достаточен для установки средней производительности. Необходимо заметить, что коэффициент запаса учитывается как для тепловой нагрузки по сухому теплу, так и для тепловой нагрузки по скрытой теплоте, в результате чего соотношение между ними не нарушается.

Выбор оборудования. Производительность оборудования должна быть возможно ближе к расчетной величине. Однако производительность всегда должна быть равна или больше расчетного теплопритока. Необходимо отметить, что производительность оборудования всегда должна быть несколько выше требуемой величины, но ненамного. Если невозможно установить оборудование расчетной величины, необходимо смонтировать следующий типоразмер оборудования.

Точка росы аппарата и количество воздуха. На психрометрической диаграмме точка пересечения кривой отношения сухого тепла к общему с кривой насыщения называется точкой росы аппарата (ТРА). Эта точка показывает самую низкую температуру, при которой воздух может подаваться в кондиционируемое пространство и продолжать отбирать требуемое количество сухого тепла и скрытой теплоты. Если воздух при более высокой ТРА подается в кондиционируемое пространство, количество воздуха может быть отрегулировано таким образом, чтобы отбиралось требуемое количество сухого тепла. Однако это количество воздуха не отбирает достаточного количества скрытой теплоты. В результате создается более высокая относительная влажность внутри кондиционируемого пространства, чем это

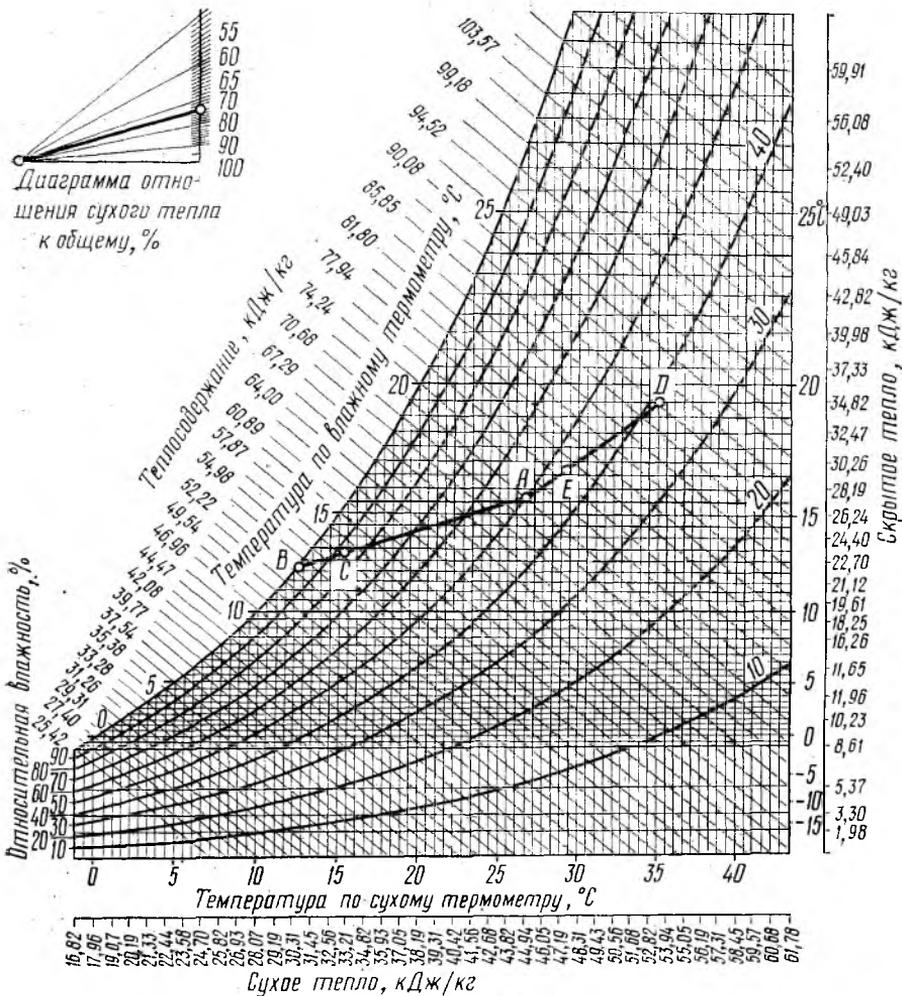


Рис. 368. Психрометрическая диаграмма, показывающая точку росы аппарата:

А — комнатный воздух; В — точка росы аппарата; С — подаваемый воздух; D — наружный воздух; E — смесь А и D.

требуется. Если ТРА слишком низкая, относительная влажность также будет слишком низкой. Если, однако, воздух имеет параметры, указанные на кривой отношения сухого тепла к общему, которые характеризуются состоянием между точками А и В (ТРА), количество воздуха регулируется таким образом, чтобы удовлетворить требования количества сухого тепла, скрытой теплоты и расчетных условий (рис. 368).

ТРА в действительности приближается к температуре поверхности испарителя. В связи с этим потребовалась бы значительная площадь поверхности испарителя, если бы было необходимо подавать воздух при точке росы аппарата. Воздух, поступающий в испаритель, имеет максимальную температуру, и разность между температурами воздуха и поверхности испарителя будет наибольшей. По мере движения воздуха через испаритель он охлаждается и разность температур понижается. Первый ряд труб выполняет большую часть работы, а каждый следующий ряд выполняет меньше работы. Поэтому для охлаждения воздуха до точки росы аппарата требуется бесконечное количество труб, и последние ряды выполняют очень мало работы, так как разность температур, создающая теплопередачу, очень мала.

В действительности количество рядов труб в глубину обычно минимально равно трем и максимально — восьми рядам. Когда необходимо отвести большое количество сухого тепла, количество рядов труб может быть меньшим. И наоборот, по мере увеличения тепловой нагрузки по скрытой теплоте требуется большее количество рядов труб как с технической, так и с экономической точек зрения.

Коэффициент байпасирования. Коэффициент байпасирования определяет часть общего количества воздуха, которая проходит через испаритель, но не входит в контакт с поверхностью испарителя и поэтому не подвергается кондиционированию. Коэффициент байпасирования зависит от скорости потока воздуха и от конструкции испарителя. Определяющим фактором является также количество рядов труб в направлении потока воздуха. Поэтому коэффициент байпасирования характеризуется значительными колебаниями из-за конструктивных различий испарителей, выпускаемых различными изготовителями. Средние коэффициенты байпасирования испарителей, выпускаемых в настоящее время и используемых при нормальной скорости движения потока воздуха, представлены ниже.

Количество рядов	3	4	5	6	7	8
Средний коэффициент байпасирования, %	35	20	10	5	2,5	0

Из приведенных данных видно, что при использовании, например, четырехрядного змеевика не обрабатывается 20 % общего количества воздуха, проходящего через испаритель. Это количество воздуха не используется для охлаждения кондиционируемого пространства.

Конструкция системы воздушных каналов. Когда рассматривается новая система кондиционирования воздуха, тип и конструкция системы воздушных каналов является таким же определяющим фактором, как и расчет нагрузки. Расположение выпускного отверстия, скорость потока воздуха и расход воздуха имеют важнейшее значение при расчете системы каналов.

Таблица 26. Рекомендуемые и максимальные скорости движения потока воздуха (в м/мин) в каналах

Расположение	Жилые здания	Школы и административные здания	Промышленные здания
Главный воздушный канал	213—274 (305)	305—396 (427)	366—549 (610)
Отводной канал	183 (213)	183—274 (305)	244—305 (366)
Отводной стояк	152 (198)	183—213 (274)	244—305
Наружный входной канал	213 (244)	244 (274)	305 (366)
Фильтры	76 (91)	91 (107)	107 (107)
Обогревающие змеевики	137 (152)	152 (183)	183 (213)
Промышленные камеры	152	152	152
Всасывающие патрубки	213 (274)	244 (305)	305 (427)
Выход вентилятора	305—488 (518)	396—610 (671)	488—732 (853)

Система воздушных каналов рассчитывается после определения тепловой нагрузки для всего кондиционируемого пространства и для отдельных помещений.

Скорость потока воздуха. Скорость потока воздуха — это интенсивность, с которой воздух перемещается через каналы или отверстия. Необходимо поддерживать рекомендуемые величины скорости потока воздуха (табл. 26). При более высокой скорости повышаются уровень шума и расход электрической энергии. Максимальные скорости указаны в таблице в скобках.

Конструкция воздушных каналов. Воздушные каналы из металла предпочтительнее других, так как в них нет дополнительного сопротивления потоку воздуха. Металлические каналы могут быть различных формы и размеров для монтажа в труднодоступных местах.

Потери давления в системе каналов зависят от интенсивности потока воздуха, количества арматуры и трения воздуха о стенки канала. Использование змеевиков, воздушных фильтров, заслонок и отражателей способствует повышению сопротивления потоку воздуха.

Когда конструируется широко разветвленная система, правильным является постепенное понижение скорости потока в главном и второстепенных каналах. Этот тип конструкции отличается следующими преимуществами:

1. Возможность более равномерного распределения воздуха.
2. Уменьшение трения воздуха в небольших воздушных каналах, где иначе трение достигает максимальной величины.
3. Когда скорость потока снижается, восстанавливается динамическое давление, которое компенсирует сопротивление канала потоку воздуха.

Заслонки и отражатели должны быть установлены во всех необходимых точках для обеспечения соответствующего уравнивания системы. Трудно сконструировать систему каналов, которая обеспечит правильное количество воздуха на каждом

Таблица 27. Размеры воздушных каналов круглого и квадратного сечений

Диаметр, мм	Длина окружности, мм	Площадь круга, мм ²	Сторона квадрата той же площади, мм	Диаметр, мм	Длина окружности, мм	Площадь круга, мм ²	Сторона квадрата той же площади, мм
1	2	3	4	1	2	3	4
20	62,83	314,16	17,7	510	1602	204 280	451,9
30	94,25	706,86	26,6	520	1634	212 370	460,8
40	125,7	1 256,6	35,4	530	1665	220 620	469,7
50	157,1	1 963,5	44,3	540	1696	229 020	478,6
60	188,5	2 827,4	53,2	550	1728	237 580	487,4
70	219,9	3 848,4	62	560	1759	246 300	496,3
80	251,3	5 026,6	70,9	570	1791	255 180	505,2
90	282,7	6 361,7	79,8	580	1822	264 210	514
100	314,2	7 854	88,6	590	1854	273 400	522,9
110	345,6	9 503,7	97,5	600	1885	282 740	531,7
120	377	11 310	106,4	610	1916	292 250	540,6
130	408,4	13 273	115,2	620	1948	301 920	549,5
140	439,8	15 394	124,1	630	1979	311 720	558,3
150	471,2	17 672	132,9	640	2011	321 700	567,2
160	502,7	20 106	141,8	650	2042	331 830	576,1
170	534,1	22 698	150,7	660	2073	342 110	584,9
180	565,5	25 447	159,5	670	2105	352 560	593,8
190	596,9	28 353	168,4	680	2136	363 170	602,6
200	628,3	31 416	177,3	690	2168	373 690	611,3
210	659,7	34 636	186,1	700	2199	384 840	620,4
220	691,2	38 013	194,9	710	2231	395 920	629,2
230	722,6	41 548	203,8	720	2262	407 150	638,1
240	754	45 239	212,7	730	2293	418 540	646,9
250	785,4	49 087	221,6	740	2325	430 080	655,8
260	816,8	53 093	230,4	750	2356	441 790	664,7
270	848,2	57 255	239,3	760	2388	453 650	673,5
280	879,6	61 575	248,1	770	2419	465 660	682,4
290	911,1	66 052	257	780	2450	477 840	691,3
300	942,5	70 686	265,9	790	2482	490 170	700,1
310	973,9	75 477	274,7	800	2513	502 660	708,9
320	1005,3	80 425	283,6	810	2545	515 300	717,8
330	1036,7	85 530	292,5	820	2576	528 100	726,7
340	1068,1	90 792	301,3	830	2608	541 060	735,6
350	1099,6	96 210	310,2	840	2639	554 180	744,4
360	1131	101 790	319,1	850	2670	567 450	753,3
370	1162,4	107 520	327,9	860	2702	580 880	762,2
380	1194	113 410	336,8	870	2733	594 470	771
390	1225	119 460	345,6	880	2765	608 210	779,9
400	1257	125 660	345,5	890	2796	622 110	788,7
410	1288	132 020	363,4	900	2827	636 170	797,6
420	1319	138 540	372,2	910	2859	650 390	806,5
430	1351	145 220	381,1	920	2890	664 760	815,3
440	1382	152 050	389,9	930	2922	679 290	824,2
450	1414	159 040	398,8	940	2953	693 980	833,1
460	1445	166 190	407,7	950	2985	708 820	841,9
470	1477	173 490	416,5	960	3016	723 820	850,8
480	1508	180 960	425,4	970	3047	738 980	859,6
490	1539	188 570	434,3	980	3079	754 300	868,5
500	1571	196 350	443,1	990	3110	769 770	877,4

Диаметр, мм	Длина окружности, мм	Площадь круга, мм ²	Сторона квадрата той же площади, мм	Диаметр, мм	Длина окружности, мм	Площадь круга, мм ²	Сторона квадрата той же площади, мм
1	2	3	4	1	2	3	4
1000	3142	785 400	886,2	1310	4113	1 347 140	1160,7
1010	3171	800 780	894,9	1320	4149	1 367 780	1169,5
1020	3203	816 710	903,7	1330	4176	1 388 590	1178,3
1030	3234	832 810	912,6	1340	4208	1 409 550	1187,3
1040	3266	849 060	921,5	1350	4239	1 430 660	1196,1
1050	3297	865 460	930,3	1360	4270	1 451 940	1204,9
1060	3328	882 030	939,2	1370	4302	1 473 370	1213,8
1070	3360	898 750	948	1380	4333	1 494 950	1222,7
1080	3391	915 620	956,9	1390	4365	1 516 700	1231,5
1090	3423	932 660	965,7	1400	4396	1 538 600	1240,4
1100	3454	949 850	974,6	1410	4427	1 560 660	1249,3
1110	3485	967 200	983,5	1420	4459	1 582 870	1258,1
1120	3517	984 700	992,3	1430	4490	1 605 250	1266,9
1130	3548	1 002 370	1001,2	1440	4522	1 627 770	1275,8
1140	3580	1 020 190	1010,1	1450	4553	1 650 460	1284,7
1150	3611	1 038 160	1018,9	1460	4584	1 673 310	1293,6
1160	3642	1 056 300	1027,8	1470	4616	1 696 310	1302,4
1170	3674	1 074 590	1036,6	1480	4647	1 719 460	1311,3
1180	3705	1 093 030	1045,5	1490	4679	1 742 780	1320,1
1190	3737	1 111 640	1054,3	1500	4710	1 766 250	1329
1200	3768	1 130 400	1063,2	1510	4741	1 789 880	1337,9
1210	3799	1 149 320	1072,1	1520	4773	1 813 660	1346,7
1220	3831	1 168 390	1080,9	1530	4804	1 837 610	1355,6
1230	3862	1 187 630	1089,8	1540	4836	1 861 710	1364,4
1240	3894	1 207 020	1098,7	1550	4867	1 885 960	1373,3
1250	3925	1 226 560	1107,5	1560	4898	1 910 380	1382,2
1260	3956	1 246 270	1116,4	1570	4930	1 934 950	1391
1270	3988	1 266 130	1125,2	1580	4961	1 959 670	1399,9
1280	4019	1 286 140	1134,1	1590	4993	1 984 560	1408,7
1290	4051	1 306 320	1142,9	1600	5024	2 009 600	1417,6
1300	4082	1 326 650	1151,8				

выходном отверстии. Необходимо поэтому пользоваться заслонками и отражателями таким образом, чтобы подача воздуха была удовлетворительной после начала эксплуатации системы кондиционирования воздуха.

Расчет воздушных каналов

Требуемые размеры воздушных каналов и скорости потока воздуха в них рассчитываются посредством следующей общей формулы:

$$V = F\omega,$$

где V — расход воздуха, м³/мин; F — поперечное сечение канала, м²; ω — скорость движения потока воздуха, м/мин.

Пример 17. Определить площадь поперечного сечения канала при условии, что необходимо перемещать 42,5 м³/мин воздуха со скоростью потока 304 м/мин.

Решение.

$$V = F\omega; 42,45 = F \cdot 304.$$

$$F = \frac{42,45}{304} = 0,1396 \text{ м}^2.$$

В результате получаем площадь поперечного сечения канала. Канал может быть любой формы для удобства монтажа. Площади круглых и прямоугольных сечений приведены в табл. 27.

Расчет потерь на трение. Для определения потерь на трение в системе воздушных каналов необходимо знать скорость потока и размер канала. Потери на трение на каждый метр длины канала данного размера приведены в табл. 28.

Необходимо учитывать сопротивление в коленах и изгибах. Эти сопротивления рассчитываются и прибавляются к общей длине канала. Для круглого колена сопротивление эквивалентно длине 8 диаметров, для квадратного или прямоугольного колена, оборудованного поворотными лопатками, — 5 диаметров.

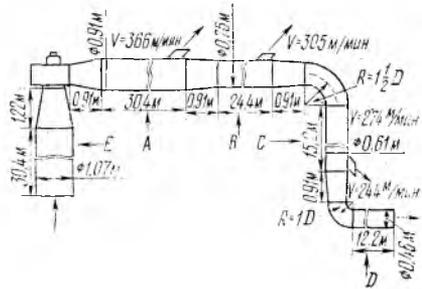


Рис. 369. Расчет потерь давления воздуха на трение в системе.

Пример 18. Определить потери давления, если имеется вентилятор, перемещающий воздух через канал для забора наружного воздуха диаметром 106,68 см и длиной 30,4 м. Воздух подается через систему воздушных каналов в четырех точках (рис. 369 и табл. 28).

Решение.

Секция А длиной 30 м прямолинейного канала имеет диаметр 91,44 см. Скорость движения потока воздуха в ней 365,76 м/мин, потери на трение составляют 0,558 Па/м. Потери на трение по длине секции $0,558 \cdot 30 = 16,75$ Па.

В секции В прямолинейного канала диаметром 76,2 см скорость движения потока воздуха составляет 304,8 м в минуту. Потери на трение равны 0,492 Па/м. В связи с тем что данный участок равен по длине 24,32 м, потери составляют $0,492 \cdot 24,34 = 11,95$ Па.

В секции С — один изгиб с углом 90°, длина изгиба равна 0,608 м, а радиус центральной линии в полтора раза превышает диаметр 60,96 см. Потери на трение эквивалентны длине 8 диаметров, или 4,86 м прямолинейного канала. Значение этой длины добавляется к длине прямолинейного участка 15,2 м, в результате общая длина равна 20,06 м при скорости движения потока воздуха 274,32 м/мин. Потери на трение составляют $0,492 \cdot 20,06 = 9,87$ Па.

В секции D имеется один изгиб с углом 90°. Диаметр канала равен 45,72 см. Потери на трение эквивалентны длине 8 диаметров, или 3,65 м прямолинейного канала. К этому необходимо добавить прямолинейный участок длиной 12,16 м, и общая длина составит 15,81 м. Скорость движения воздуха 243,84 м/мин. Потери на трение составят $0,509 \cdot 15,81 = 8,04$ Па.

Таблица 28. Потери давления воздуха в трубе из-за трения (в Па/м)

Диаметр трубы, см	Площадь сечения трубы, см ²	Скорость движения						
		60,96	121,92	182,88	243,84	274,32	304,80	365,76
7,62	45,58	0,1872	0,7487	1,6915	3,0096	3,8063	4,7844	6,7679
10,16	81,03	0,1382	0,5694	1,2769	2,2775	2,8469	3,5789	5,0754
12,7	120,97	0,1137	0,4557	1,0163	1,8385	2,2854	2,8302	4,0503
15,24	182,32	0,0892	0,3744	0,8457	1,5043	1,9032	2,353	3,3918
17,78	248,16	0,08134	0,3254	0,7242	1,2848	1,6346	2,0257	2,9037
20,32	324,13	0,0735	0,2764	0,6341	1,1221	1,4318	1,7728	2,5382
22,86	410,22	0,06468	0,2519	0,5615	1,0006	1,2691	1,5778	2,253
25,4	548,39	0,0568	0,2274	0,5125	0,9026	1,1466	1,423	2,0335
30,48	729,29	0,049	0,1872	0,4234	0,7487	0,9516	1,1789	1,6915
35,56	992,43	0,0402	0,1705	0,3989	0,6997	0,8859	1,0976	1,5778
40,64	1 296,5	0,03234	0,1382	0,3175	0,5694	0,7154	0,8869	1,2691
45,72	1 640,9	0,0323	0,1215	0,2842	0,488	0,6341	0,7889	1,1221
50,8	2 025,8	0,0323	0,1137	0,2519	0,4469	0,5694	0,7076	1,0084
55,88	2 451,2	0,0245	0,1058	0,2274	0,4067	0,5204	0,6429	0,9192
60,96	2 917,2	0,0245	0,097	0,2117	0,3744	0,4714	0,5939	0,8457
71,12	3 970,6	0,0245	0,0813	0,1793	0,3254	0,42297	0,5047	0,7242
76,2	4 558,1	0,0245	0,0735	0,1627	0,30096	0,38229	0,47138	0,6752
91,44	6 563,6	0,0167	0,0647	0,1382	0,25213	0,31723	0,39	0,5615
106,68	9 673,5	0,0167	0,0568	0,1215	0,21148	0,2743	0,3332	0,4802
121,92	11 668,6	0,0167	0,049	0,1058	0,187082	0,2353	0,2928	0,42296
137,16	14 768,1	0,00784	0,04018	0,09702	0,16268	0,2115	0,2603	0,3742
152,4	18 232,2	0,00784	0,0402	0,08134	0,14641	0,1871	0,2359	0,3416

В секции *E* длина канала 30,4 м, диаметр 106,68 см. Воздух перемещается через этот канал со скоростью 304,8 м в минуту. Потеря давления равна $0,333 \cdot 30,4 = 10,22$ Па.

Для определения общей потери на трение необходимо сложить величину потерь в каждой секции, что суммарно составит $16,75 + 11,95 + 9,87 + 8,04 + 10,22 = 56,83$ Па.

В данном случае выбранный вентилятор должен подавать требуемый объем воздуха при статическом давлении 65 Па.

Приведенный выше пример основан на круглых воздушных каналах. Если, однако, каналы имеют квадратную или прямоугольную форму, необходимо привести прямоугольные каналы к круглым эквивалентной площади, а затем осуществить описанные выше расчеты.

Оборудование для кондиционирования воздуха

Оборудование, используемое для кондиционирования воздуха, подобно оборудованию, применяемому для охлаждения. Основная разница заключается в наличии системы воздушных каналов. Более высокие температуры при кондиционировании воздуха требуют некоторых изменений в конструкции оборудования. Холодильный же цикл тот же, что и при работе холодильного оборудования для охлаждения воздуха.

Компрессоры. Компрессоры, используемые в агрегатах кондиционирования воздуха, описаны в главе 3, т. е. они могут быть поршневого, ротационного или центробежного типа. Наиболее распространенным является поршневой компрессор. Когда в системе имеется воздушный конденсатор, компрессор монти-

	426,72	487,68	548,64	609,60	731,52	914,40	1371,6	1828,8
9,2728	12,0383	15,2106	18,8709	27,0862	42,2968	95,1678	169,187	
7,0119	9,1101	11,3876	14,3158	20,335	32,048	71,9859	128,1918	
5,8643	7,3373	9,1101	11,3063	16,1867	25,3781	57,182	101,5123	
4,6197	6,027	7,6048	9,4354	13,5838	21,1484	47,5026	84,6936	
3,9612	5,1489	6,5474	8,134	11,6316	18,0575	40,7513	72,2299	
3,4731	4,506	5,7183	7,0932	10,1675	15,8613	35,6269	63,4452	
3,0831	4,0102	5,0833	6,3122	9,0287	14,0718	31,6413	56,2873	
2,7822	3,6191	4,5717	5,6938	8,134	12,689	28,5503	50,7562	
2,3097	3,0017	3,7985	4,7177	6,7679	10,5742	23,7513	42,2968	
2,1638	2,8057	3,5545	4,4247	6,3122	9,8421	22,2872	39,3686	
1,7405	2,2609	2,8636	3,5466	5,0754	7,9468	17,8948	31,8039	
1,5455	1,9888	2,5382	3,1478	4,4904	7,0521	15,8613	28,225	
1,3828	1,7973	2,2775	2,8302	4,0347	6,3279	14,2345	25,2967	
1,2691	1,6435	2,0825	2,5784	3,677	5,783	13,0144	23,1006	
1,1554	1,3338	1,9032	2,353	3,3839	5,2871	11,8756	21,1484	
0,9927	1,2936	1,6435	2,0257	2,8959	4,5384	10,2488	18,1382	
0,9271	1,2034	1,52096	1,8875	2,7009	4,2297	9,5168	16,9187	
0,7722	1,00058	1,2691	1,56996	2,2452	3,5221	7,9389	14,718	
0,6586	0,8624	1,0898	1,3504	1,91982	3,0174	6,8002	12,383	
0,5772	0,7487	0,9516	1,1711	1,6915	2,6436	5,9457	10,5742	
0,51244	0,66698	0,84594	1,0493	1,4965	2,3426	5,2871	9,3541	
0,4636	0,6019	0,7646	0,9435	1,3661	2,1148	4,7579	8,4594	

руется вне компрессорно-конденсаторного агрегата. В результате шум от компрессора остается снаружи, и большее количество воздуха обтекает компрессор, дополнительно охлаждая его.

Конденсаторы. Функция конденсатора системы кондиционирования заключается в отборе тепла от хладагента и превращении пара в жидкость. Большинство конденсаторов систем кондиционирования воздуха имеют воздушное охлаждение, но применяются также конденсаторы с водяным охлаждением и испарительные конденсаторы.

КПД конденсатора определяет в большей степени соотношение энергетической эффективности агрегата, которое рассчитывается делением величины производительности агрегата на расход мощности. Чем выше это соотношение, тем выше эффективность агрегата. Промышленность выпускает в настоящее время несколько типов агрегатов с соотношением энергетической эффективности, равным 8,5.

Испарители. В системах кондиционирования воздуха применяются испарители трех типов: испарители с нижней подачей, испарители с верхней подачей, испарители с горизонтальными трубами. Эти наименования относятся к направлению потока воздуха через змеевик. Испаритель предназначен для отбора тепла и влаги из воздуха, подаваемого в кондиционируемое пространство. В испарительном агрегате имеется поддон для сбора и спуска конденсата при охлаждении воздуха ниже температуры точки росы. Спускной патрубков соединен с трубопроводом выпуска конденсата.

Регулятор потока. В качестве регулятора потока хладагента в установках кондиционирования воздуха используют капиллярную трубку или ТРВ. Капиллярные трубки применяют в установках производительностью до 10 500 Вт. В более крупных агрегатах для регулирования потока хладагента используют ТРВ.

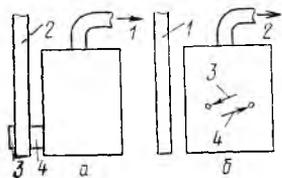


Рис. 370. Присоединения автономной установки кондиционирования воздуха:

а — с воздушным конденсатором: 1 — охлажденный воздух в помещении; 2 — стена; 3 — наружная воздушная решетка конденсатора; 4 — воздушный канал конденсатора; б — с водяным конденсатором: 1 — стена; 2 — охлажденный воздух в помещении; 3 — водопровод к градирне; 4 — водопровод от градирни.

Агрегат для обработки воздуха.

Агрегат для обработки воздуха содержит вентилятор и оборудование для нагрева или охлаждения воздуха, или для обоих процессов, т. е. для нагрева и охлаждения воздуха. В любом случае вентилятор должен подавать требуемое количество воздуха при соответствующей скорости потока и расчетном статическом давлении в системе воздушных каналов.

Типы систем кондиционирования воздуха

Системы кондиционирования воздуха классифицируются на автономные и раздельные установки. Оба типа установок могут быть смонтированы в качестве центральных установок кондиционирования воздуха.

Автономные установки кондиционирования воздуха. В автономной установке все узлы смонтированы на одной раме, за исключением иногда конденсатора. При эксплуатации установок с водяным охлаждением конденсатора градирню монтируют вне здания, а вода подается по трубам к конденсатору. Установки с воздушным охлаждением могут быть смонтированы у наружной стены со свободным выпуском воздуха в атмосферу после обдува конденсатора (рис. 370).

Автономные установки могут быть крупными промышленными агрегатами, монтируемыми на крыше здания, оконными или небольшими промышленными кондиционерами. Для подачи и рециркуляции воздуха к ним присоединяют систему воздушных каналов.

Раздельные установки кондиционирования воздуха. Установки этого типа находят большее распространение для

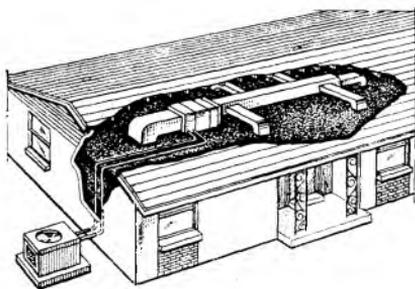


Рис. 371. Раздельная установка кондиционирования воздуха.

кондиционирования воздуха в жилых зданиях и небольших торговых предприятиях. В них имеется испаритель, вентилятор и нагреватель, смонтированные в одном шкафу, который устанавливают в помещении (рис. 371). Хладагент подается от компрессорно-конденсаторного агрегата по медным трубопроводам к испарителю, смонтированному внутри помещения. Воздух направляется от установки в кондиционируемое помещение. Большинство бытовых кондиционеров характеризуется центральным расположением испарителя внутри помещения, что исключает необходимость в системе каналов для рециркуляции воздуха.

Для создания эффективной системы все ее узлы должны соответствовать друг другу по своей производительности. Когда тепловая нагрузка определена, можно воспользоваться таблицами для расчета различных комбинаций узлов системы.

Правила безопасности

При работе установок кондиционирования воздуха необходимо помнить, что кондиционированный воздух должен содержать достаточное количество кислорода для поддержания жизни. Работа системы кондиционирования воздуха включает многие опасные моменты, характерные для холодильных и отопительных систем.

1. Необходимо носить очки при работе с хладагентами.
2. Необходимо носить перчатки при работе с воздушными каналами, чтобы предотвратить порезы рук и пальцев.
3. Необходимо установить предохранительные ограждения вокруг электродвигателей и вентиляторов.
4. Необходимо обесточить схему при обслуживании электрических узлов системы.
5. Необходимо проявлять осторожность, с тем чтобы руки, ноги и одежда не попадали в приводные ремни, вентиляторы или другие вращающиеся части.
6. Необходимо пользоваться только предохранительными лестницами при работе на крышах зданий.
7. Запрещается поднимать и опускать по лестнице оборудование, инструменты и запасные части. Для этой цели необходимо пользоваться веревкой или подъемником.
8. Необходимо избегать контакта с электрооборудованием, если зона вокруг этого оборудования влажная.
9. Запрещается оставлять на крыше здания легкие предметы во время сильного ветра.
10. Необходимо убедиться в том, что хладагент, заряжаемый в систему, именно тот, на котором работает данная система.

Выводы

Кондиционирование воздуха — это одновременное регулирование температуры, влажности, чистоты и движения воздуха.

Регулирование влажности означает увлажнение или осушение воздуха.

Двумя основными причинами кондиционирования воздуха являются необходимость улучшения условий промышленного процесса и поддержание комфортных условий.

Комфортные условия зависят от интенсивности отдачи тепла человеческим телом.

Человеческое тело можно рассматривать как машину с постоянной температурой.

Человеческое тело отдает тепло тремя способами: конвекцией, излучением, испарением.

Условиями, влияющими на способность человеческого тела отдавать тепло, являются: температура, относительная влажность, движение воздуха.

Воздух необходимо распределять в помещении для создания минимального разброса температур в зоне, где находятся люди.

В установках кондиционирования воздуха применяются два типа вентиляторов: осевой и центробежный.

Шум, образуемый при движении воздуха, является результатом последовательного потока воздушных волн, образуемых лопастями вентилятора.

В камере нагрева тепло добавляется к воздуху во время отопительного сезона.

В камере охлаждения осуществляются охлаждение и осушение воздуха.

Увлажнитель предназначен для добавления влаги в воздух во время отопительного сезона.

Каналы подачи направляют кондиционированный воздух в кондиционируемое пространство.

Выходными устройствами являются решетки на конце каналов подачи. Они предназначены для распределения воздуха в кондиционируемом пространстве.

Кондиционируемое пространство — одна из самых важных частей системы распределения воздуха.

Впускное устройство предназначено для впуска воздуха из кондиционируемого пространства в воздушный всасывающий канал.

Воздушные всасывающие каналы предназначены для соединения кондиционируемого пространства с оборудованием для обработки воздуха.

Фильтры расположены на входе в вентилятор для предотвращения циркуляции пыли через систему.

Наука, которая рассматривает соотношения, существующие в смеси воздуха и водяного пара, называется психрометрией.

В психрометрической диаграмме представлены различные зависимости, существующие между тепло- и влагосодержанием воздуха и водяного пара.

Любые два параметра воздуха, имеющиеся на психрометрической диаграмме, определяют состояние воздуха.

Сухое тепло — это тепло, которое добавляется к веществу или отводится от него без изменения его агрегатного состояния.

Энтальпию воздуха определяют по температуре сухого термометра.

Температура точки росы обозначает влагосодержание воздуха.

Шкала влагосодержания на большинстве психрометрических диаграмм выражена в граммах влаги на 1 кг сухого воздуха.

Отношение сухого тепла к общему — это количество отведенного сухого тепла, деленное на общее количество отведенного тепла.

При комфортном кондиционировании воздуха отношение сухого тепла к общему составляет более 50 %.

Расчет тепловой нагрузки на оборудование для кондиционирования воздуха подобен расчету тепловой нагрузки на холодильное оборудование. Основное различие заключается в том, что при расчете оборудования для кондиционирования воздуха имеется больше источников тепла.

Источники тепла могут быть внутренними и внешними.

Количество тепла, которое проходит через 1 м² материала при падении

температур в 1°C на 1 м длины, называется коэффициентом теплопроводности.

Расчетная температура — это средняя максимальная температура, а не наивысшая температура в данной местности.

Теплоприток от солнечной радиации имеет место только тогда, когда солнце светит.

Пиковая тепловая нагрузка может иметь место через несколько часов после прохождения солнцем своего апогея из-за сопротивления конструкционных материалов тепловому потоку.

Люди, проявляющие активность, создают большую тепловую нагрузку на холодильное оборудование, чем люди, находящиеся в состоянии покоя.

Инфильтрующийся воздух поступает в кондиционируемое пространство через окна, двери и щели и является источником внутренней тепловой нагрузки на холодильное оборудование.

Скорость наружного ветра влияет на инфильтрацию воздуха в кондиционируемое пространство.

Вентиляционный воздух — это воздух, который подается в оборудование до поступления в кондиционируемое пространство и рассматривается в качестве внешней тепловой нагрузки.

Электрические двигатели являются источником тепла, количество которого зависит от мощности двигателя.

Электрические приборы и освещение создают в кондиционируемом пространстве тепловую нагрузку, равную 3,6 кДж/Вт.

Паровые приборы создают тепловую нагрузку, равную 620 Вт на 1 кг конденсируемого пара.

Газовые приборы создают тепло при сгорании газа.

Когда воздушные каналы монтируются в горячих местах, на холодильное оборудование подается дополнительная тепловая нагрузка.

Электродвигатель, применяемый для привода вентилятора, выделяет тепло, которое должно быть отведено холодильным оборудованием. Количество отведенного тепла прямо пропорционально количеству израсходованной электроэнергии.

Рекомендуется добавить к тепловой нагрузке коэффициент запаса, равный 10 % из-за множества переменных величин.

Производительность выбранного оборудования должна быть возможно ближе к расчетной величине, но никогда не должна быть меньше нее.

Точка на психрометрической диаграмме, где кривая отношения сухого тепла к общему и кривая насыщения пересекаются, называется точкой росы аппарата.

Точка росы аппарата — это самая низкая температура, при которой воздух, подаваемый в кондиционируемое пространство, может отобрать требуемое количество сухого тепла и скрытой теплоты.

Коэффициент байпасирования определяет часть общего количества воздуха, который проходит через испаритель, не контактируя с его поверхностью и не подвергаясь при этом кондиционированию.

Конструкция системы воздушных каналов является таким же определяющим фактором, как расчет тепловой нагрузки.

Скорость движения потока воздуха — это интенсивность, с которой воздух проходит через воздушные каналы.

Воздушные каналы, изготовленные из металла, предпочтительнее, так как гладкие поверхности в них не образуют дополнительного сопротивления потоку воздуха.

Для определения потери системы воздушных каналов на трение необходимо знать скорость потока и размер канала.

Оборудование для кондиционирования воздуха классифицируется на автономные и отдельные установки кондиционирования воздуха.

Контрольные вопросы

1. Назовите четыре основные функции системы кондиционирования воздуха.
2. Назовите две основные причины применения кондиционирования воздуха.
3. Назовите три способа отдачи тепла человеческим организмом.
4. Назовите три условия, влияющие на способность человеческого организма отдавать тепло.
5. Почему необходимо распределять кондиционированный воздух в помещении?
6. Назовите типы вентиляторов, используемых в установках кондиционирования воздуха.
7. Что является причиной шума потока воздуха в системе кондиционирования воздуха?
8. Назначение увлажнителя.
9. Где нагревается воздух во время отопительного сезона?
10. Какое устройство осуществляет осушение воздуха в системе кондиционирования воздуха?
11. Какое устройство направляет воздух в кондиционируемое пространство?
12. Почему кондиционируемое пространство является одной из самых важных частей в системе распределения воздуха?
13. Назначение воздушного фильтра.
14. Что такое психрометрия?
15. Чем можно пользоваться для определения различных зависимостей между тепло- и влагосодержанием воздуха и водяного пара?
16. Сколько параметров воздуха должно быть известно для определения остальных параметров?
17. Что определяет температуру по сухому термометру?
18. Что определяет влагосодержание воздуха?
19. Как обозначается влагосодержание на психрометрической диаграмме?
20. Назовите величину отношения сухого тепла к общему в большинстве установок комфортного кондиционирования воздуха.
21. Как классифицируются источники тепла в системе кондиционирования воздуха?
22. Что такое расчетная температура?
23. Расскажите о теплопритоке от солнечной радиации.
24. Имеет ли тепловая нагрузка пиковую величину одновременно с наибольшей солнечной радиацией?
25. Что такое инфильтрующийся воздух?
26. Активные люди создают большую или меньшую тепловую нагрузку, чем люди, находящиеся в состоянии покоя?
27. Где вентиляционный воздух подается в систему?
28. Вентиляционный воздух является внутренней или внешней тепловой нагрузкой?
29. Чему равна тепловая нагрузка от различных электрических приборов?
30. Почему на холодильное оборудование подается дополнительная тепловая нагрузка, когда воздушные каналы находятся в горячих местах?
31. Какой коэффициент запаса используется при средней тепловой нагрузке?
32. Должна ли производительность выбранного оборудования быть меньше расчетной производительности?
33. Что такое точка росы аппарата?
34. К чему относится коэффициент байпасирования?
35. Как классифицируется оборудование для кондиционирования воздуха?

Глава 14. Кондиционирование воздуха на транспорте

Транспортные установки кондиционирования воздуха имеют в своей основе такую же холодильную систему, как и установки кондиционирования воздуха для жилых зданий и торговых предприятий. Основная разница между транспортными и любыми другими системами кондиционирования воздуха заключается в способе комбинирования различных узлов, в способе привода компрессора, в быстром изменении температуры в салоне автомобиля и в комплексной системе заслонок для регулирования потока воздуха в автомобиле.

Отопление в транспортных средствах осуществляется так же, как и при использовании водогрейного котла. В автомобиле горячая вода отбирается от радиатора и подается через отопительную батарею, которая обдувается подогреваемым воздухом.

В транспортных кондиционерах используют заслонки для подачи воздуха в требуемом направлении. Они применяются также для регулирования количества воздуха, подаваемого через батарею, и для обвода ее при регулировании температуры. Каждый изготовитель по-разному располагает эти заслонки и регулирует их работу.

Работа транспортной системы кондиционирования воздуха

Транспортная система кондиционирования воздуха функционирует в основном так же, как и любой другой тип системы кондиционирования воздуха. Транспортная система предназначена для отбора тепла и влаги изнутри автомобиля и их передачи наружному воздуху, а также для очистки воздуха.

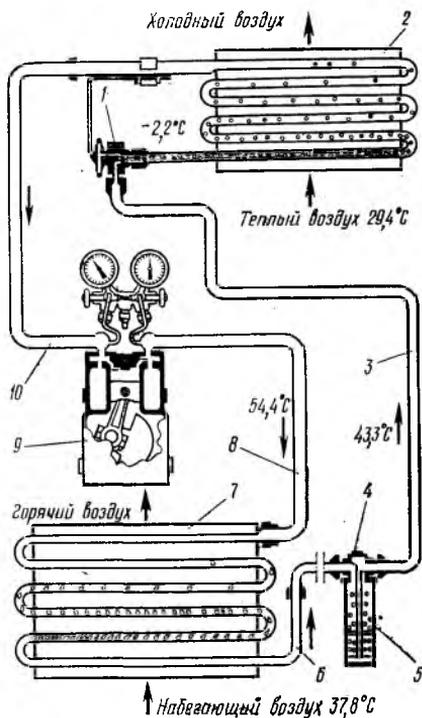


Рис. 372. Холодильная система:

1 — терморегулирующий вентиль; 2 — испаритель; 3, 6 — жидкостный трубопровод; 4 — смотровое стекло; 5 — ресивер-осушитель; 7 — конденсатор; 8 — нагнетательный трубопровод высокого давления; 9 — компрессор; 10 — всасывающий трубопровод.

Принципы теплопередачи те же, что и в других системах. Холодильная система разделена на стороны высокого и низкого давлений (рис. 372). На стороне высокого давления установлены следующие узлы: компрессор (сторона нагнетания) и нагнетательный вентиль, конденсатор, ресивер-осушитель, регулирующий вентиль (сторона впуска), соединительные шланги ко всем узлам.

В сторону низкого давления входят узлы: регулирующий вентиль (сторона выпуска), испаритель, компрессор (сторона всасывания) и всасывающий вентиль, соединительные шланги.

Основные компоненты

Холодильная система, используемая в транспортных системах кондиционирования воздуха, состоит из следующих узлов: компрессора, электромагнитной муфты, конденсатора, ресивера-осушителя, регулирующего вентиля, испарителя, всасывающего вентиля, предохранительного клапана высокого давления. Хладагентом, используемым в транспортных системах кондиционирования воздуха, является R12. В большинстве случаев испаритель и регулирующий вентиль монтируют внутри автомобиля, а другие узлы устанавливают под капотом. Ниже следует описание различных узлов транспортной системы кондиционирования воздуха.

Компрессор. В транспортных агрегатах для кондиционирования воздуха используются поршневые компрессоры трех вариантов: двух-, шести- и пятицилиндровые (рис. 373) с ременным

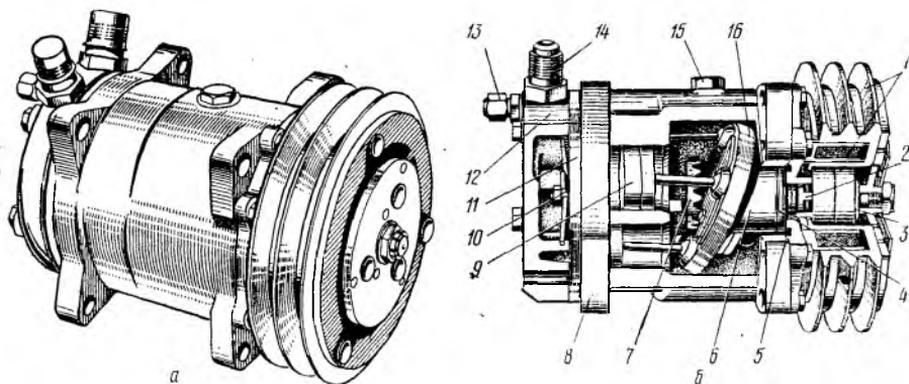


Рис. 373. Аксиальный компрессор фирмы «Санке»:

а — общий вид; *б* — разрез: 1 — электромагнитная муфта; 2 — сальник вала; 3 — подшипник муфты; 4 — игольчатые упорные подшипники; 5 — кольцо; 6 — ротор; 7 — шестерня; 8 — блок цилиндров; 9 — поршень; 10 — прокладка головки блока цилиндров и клапанной плиты; 11 — клапанная плита в сборе; 12 — головка блока цилиндров; 13 — штуцер для обслуживания; 14 — штуцер для всасывающего шланга; 15 — пробка маслоналивного штуцера; 16 — планетарная плита.

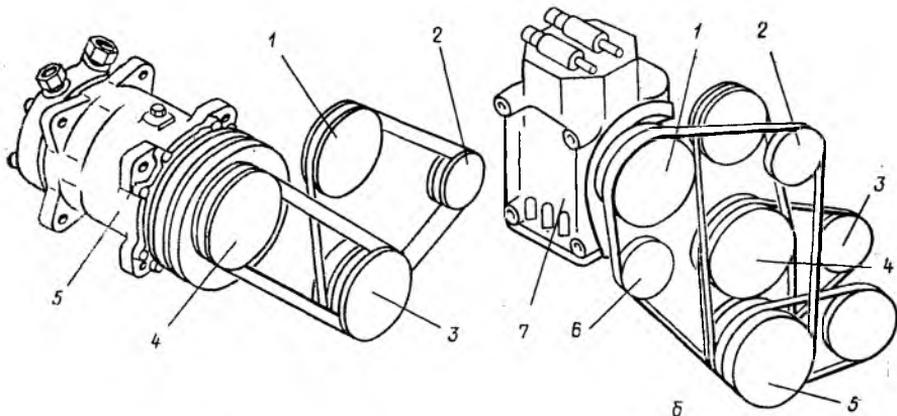


Рис. 374. Привод компрессора:

a — привод компрессора фирмы «Санке»: 1 — шкив вентилятора; 2 — вариатор; 3 — шкив привода; 4 — муфта компрессора; 5 — компрессор; *б* — привод двухцилиндрового компрессора; 1 — муфта компрессора; 2 — натяжной шкив; 3 — вариатор; 4 — шкив вентилятора; 5 — шкив привода; 6 — натяжной шкив; 7 — компрессор.

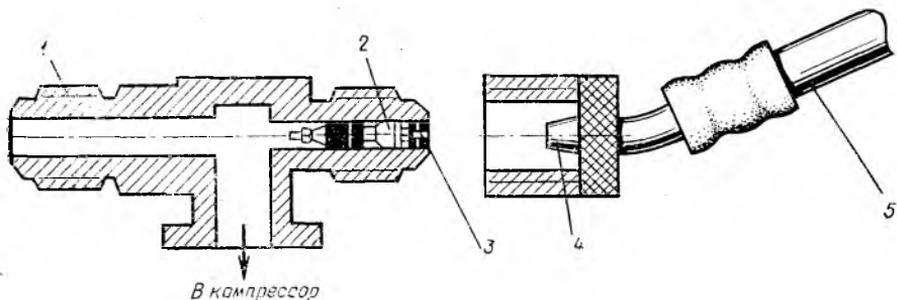


Рис. 375. Обратный клапан в вентиле:

1 — штуцер для присоединения шланга; 2 — обратный клапан; 3 — отверстие для манометра; 4 — наконечник для отжатия стержня клапана; 5 — шланг манометра.

приводом от коленчатого вала двигателя (рис. 374). Компрессоры предназначены для создания давления, требуемого для конденсации хладагента, а также для его циркуляции в системе и создания низкого давления для кипения в испарителе.

Применяемые поршневые компрессоры — сальникового типа, т. е. они имеют сальник на валу для предотвращения утечки хладагента и масла по поверхности вала, проходящего через корпус компрессора. В связи с тем что этот сальник требует смазки для предотвращения утечки, он должен периодически работать, чтобы поверхность сальника смачивалась маслом.

На компрессоре устанавливают два вентиля: один нагнетательный и один всасывающий. Некоторые вентили снабжены

обратными клапанами, которые позволяют осуществить пере-
пуск давления, когда к клапану присоединен шланг, как это
делает стержень клапана в автомобильной шине (рис. 375). Не-
которые изготовители применяют стержневой клапан. Самый
легкий способ определения назначения вентилей заключается
в проверке направления трубопроводов холодильного агента:
нагнетательный трубопровод идет к конденсатору, а всасываю-
щий трубопровод — к испарителю.

Электромагнитная муфта. Все компрессоры автомобильных
установок кондиционирования воздуха, применяемые в настоя-
щее время, имеют электромагнитную муфту для включения и
выключения компрессора в зависимости от сигнала термореле,

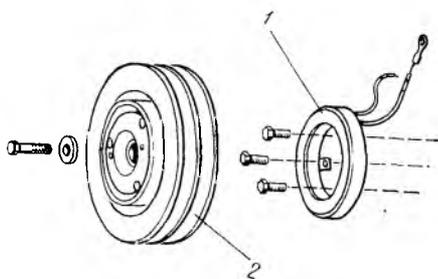


Рис. 376. Электромагнитная муфта
с неподвижным полем:

1 — катушка; 2 — шкив ротора в сборе.

смонтированного внутри авто-
мобиля. Электромагнитная
муфта используется также
в том случае, когда требуется
включить цикл оттаивания.
Когда установка кондициони-
рования воздуха не работает,
муфта отключается вручную.

Все муфты работают на
принципе электромагнетизма.
Они выпускаются двух основ-
ных типов: с неподвижным и
с вращающимся полем.

Муфта с неподвиж-
ным полем. Муфта с непод-
вижным полем является наи-

более распространенной, так как в ней меньше изнашиваю-
щихся частей (рис. 376). Магнитное поле образуется на корпусе
компрессора при помощи какого-либо механического средства
в зависимости от типа поля и типа компрессора. Ротор муфты
удерживается на якоре посредством подшипника и пружиня-
щих стопорных колец. Якорь смонтирован на коленчатом валу
компрессора.

Когда электрический ток не подается к полю муфты, нет
магнитного поля и ротор свободно вращается на якоре.

При повышении температуры внутри автомобиля контакты
термореле замыкаются и электрический ток подается к полю
муфты. В данном случае между полем и якорем образуется
магнитное притяжение, в результате чего якорь притягивается
к ротору и они действуют в качестве одного узла, который осу-
ществляет вращение, в то время как поле остается неподвиж-
ным. Коленчатый вал компрессора начинает вращаться, и в ре-
зультате включается в работу холодильная установка.

Когда температура внутри автомобиля достигает заданной
величины, контакты термореле размыкаются и прерывают по-
дачу тока к муфте. Магнитное поле исчезает, якорь отходит от

ротора, и прекращается движение. Ротор продолжает вращаться, но компрессор не работает до тех пор, пока электрический ток не будет снова подаваться к муфте.

Электромагнитная муфта с вращающимся полем. Отличие муфты с неподвижным полем от муфты с подвижным полем заключается в его расположении. Поле заключено в роторе и вращается вместе с ним. Электрический ток подается в поле через щетки, установленные на компрессоре.

Электрический ток, подаваемый через щетки, образует магнитное поле, которое притягивает якорь к ротору. Весь узел в сборе вращается вместе с полем, в результате чего начинает работать компрессор.

В муфте того и другого типа имеются прорезы в якоре и роторе, которые концентрируют магнитное поле и увеличивают силу магнитного притяжения между ними.

В связи с тем что муфта входит в зацепление и выходит из него при высоких скоростях, как это требуется для соответствующего регулирования температуры внутри автомобиля, на якоре и роторе образуются значительные задиры, что является нормальным явлением.

Конденсатор. Конденсатор предназначен для приема горячего пара хладагента высокого давления, поступающего из компрессора, охлаждения пара до температуры конденсации и превращения его в жидкость. Это происходит потому, что тепло всегда передается от теплого вещества к холодному. Воздух проходит через змеевик конденсатора и отбирает при этом тепло.

Конденсатор в транспортной системе кондиционирования воздуха обычно монтируется впереди радиатора и внешне похож на него (рис. 377). Воздух подается через конденсатор двумя способами: либо просасывается через конденсатор вентилятором радиатора, либо подается набегающим потоком через конденсатор при движении автомобиля по дороге.

Компрессор повышает давление пара хладагента и нагнетает его в конденсатор при температуре выше температуры окружающей среды. Если конденсатор грязный, вентилятор не работает, или, если конденсатор смонтирован в неудачном месте, он будет плохо функционировать, в результате чего понижается КПД системы.

Ресивер-осушитель. Автомобильные установки кондиционирования воздуха более подвержены утечкам хладагента, чем другие агрегаты, в связи с использованием сальникового компрессора и из-за высокого уровня вибрации. Во время работы образуются небольшие утечки и периодически требуется осуществлять дозарядку системы хладагентом. Кроме того, заполнение испарителя хладагентом колеблется в связи с изменяющимися тепловой нагрузкой, эффективностью конденсатора и частотой вращения вала компрессора.

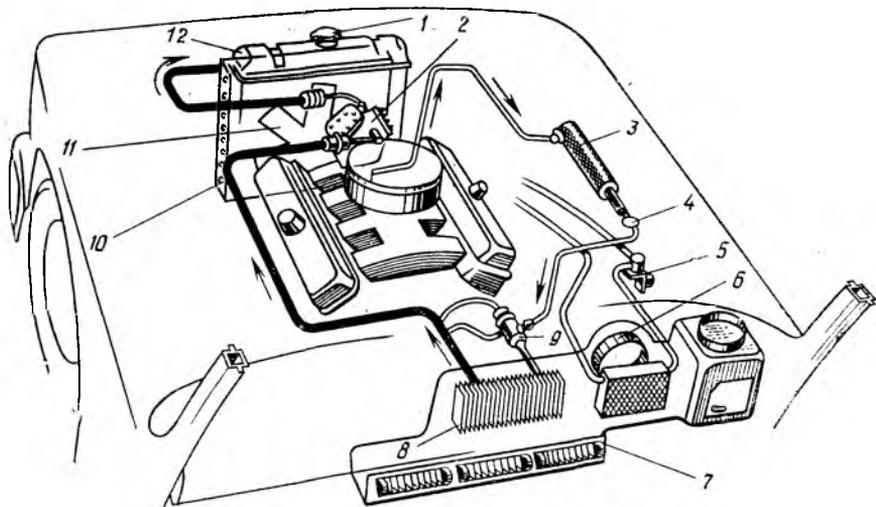


Рис. 377. Транспортная система кондиционирования воздуха:

1 — крышка радиатора; 2 — компрессор; 3 — ресивер-осушитель; 4 — смотровое стекло; 5 — запорный вентиль горячей воды; 6 — вентилятор; 7 — блок, монтируемый в пассажирском салоне; 8 — испаритель; 9 — регулирующий вентиль; 10 — конденсатор; 11 — вентилятор; 12 — радиатор.

Для компенсации этих переменных величин в транспортных системах кондиционирования воздуха используется небольшой ресивер. Когда в системе устанавливается ресивер, для дозарядки системы требуется дополнительно от 450 до 680 г хладагента.

Во время изготовления в ресивер помещают осушающее вещество, например силикагель или цеолит. Ресивер является единственным местом в холодильной системе, где поглощаются влага и кислота (рис. 378). Если осушитель достигает точки насыщения, т. е. он абсорбировал все количество влаги, которое может удерживать, влага и кислота будут поступать в схему циркуляции хладагента. В результате наличия влаги происходят замерзание регулирующего вентиля и повреждение компрессора. Если регулирующий вентиль замерзает, прекращается поток хладагента и снижается холодопроизводительность системы. В связи с этим при ремонте и обслуживании системы ресивер-осушитель необходимо заменять.

При ремонте и обслуживании холодильной системы в нее может попасть грязь. При попадании в систему влаги и воздуха в ней происходит разложение хладагента, что вызывает гидролиз, и в результате внутри системы начинается коррозия. Следствием коррозии является попадание в систему твердых

частиц, которые с течением времени блокируют поток хладагента через регулирующий вентиль. Для улавливания этих частиц в ресивере-осушителе помещается фильтрующая решетка. Если эта решетка задерживает такое количество посторонних частиц, что снижается интенсивность потока хладагента, ухудшается также интенсивность охлаждения воздуха в салоне автомобиля.

В ресивере-осушителе обычно имеется смотровое стекло (рис. 379), с помощью которого механик по обслуживанию может выяснить следующее:

1. Если в прозрачном смотровом стекле виден сильный поток хладагента, это указывает на то, что в системе имеется достаточное или возможно избыточное количество хладагента. На избыточное количество хладагента указывают показания манометра.

2. Пена или устойчивый поток пузырьков указывают на недостаточную зарядку системы хладагентом.

3. Замасливание смотрового стекла указывает на полное отсутствие хладагента в системе.

4. Изредка появляющиеся пузырьки указывают на то, что в системе существует определенная нехватка хладагента или ресивер-осушитель насыщен и влага выделяется в систему.

5. Затуманенное смотровое стекло указывает на то, что осушающее вещество распадается и начинает циркулировать в системе.

Регулирующий вентиль. ТРВ является наиболее распространенным регулятором в транспортных системах кондиционирования воздуха. В его клапане снижается давление хладагента до низкого уровня (рис. 380). Жидкий хладагент имеет самую низкую температуру при выходе из регулирующего вентиля и на входе в испаритель. Регулирующий вентиль работает от термочувствительного баллона, который закреплен на трубе на выходе из испарителя. Умень-

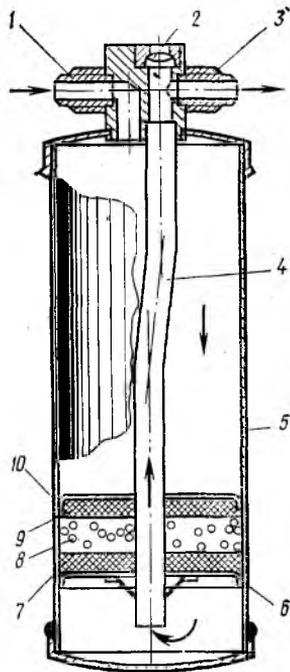


Рис. 378. Разрез ресивера-осушителя:

1 — входной штуцер; 2 — смотровое стекло; 3 — выходной штуцер; 4 — трубка забора хладагента; 5 — корпус; 6, 10 — стальные перегородки; 7, 9 — фильтрующие элементы из стекловолокна; 8 — гранулы цеолита.

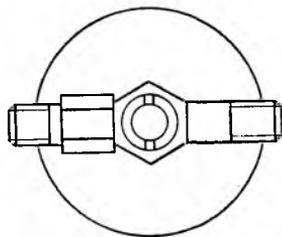


Рис. 379. Смотровое стекло в ресивере-осушителе.

шение и увеличение давления наполнителя в баллоне в зависимости от температуры на выходе из испарителя заставляют вентиль открываться или закрываться.

ТРВ регулирует подачу хладагента в испаритель, быстро снижая его давление.

В транспортных системах кондиционирования воздуха используются два типа ТРВ: с внутренним уравниванием, который является наиболее распространенным типом ТРВ, и с внешним уравниванием, который используют при необходимости специального регулирования (рис. 381).

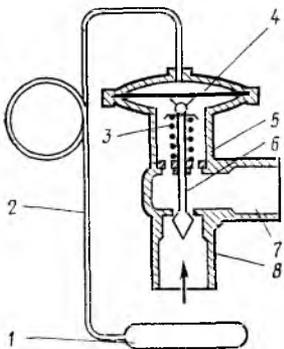


Рис. 380. Схема терморегулирующего вентиля: 1 — дистанционный термобаллон; 2 — капиллярная трубка; 3 — пружина; 4 — мембрана; 5 — корпус; 6 — мембрана; 7 — выходной штуцер; 8 — входной штуцер.

Расширительная трубка. На некоторых агрегатах фирмы «Дженерал моторс» используется расширительная трубка вместо регулирующего вентиля. Интенсивность потока через расширительную трубку зависит в основном от величины переохлаждения в конденсаторе. Переохлаждение — это охлаждение хладагента после его конденсации в жидкость. Расширительная трубка устанавливается на входе в испаритель так же, как регулирующий вентиль.

Испаритель. Испаритель — это тот узел системы, в котором происходит поглощение тепла из салона автомобиля. В транспортных системах кондиционирования воздуха применяются оребренные испарители с принудительной циркуляцией воздуха.

В испарителе хладагент кипит при низком давлении, поглощая тепло. Тепло поступает из воздуха, который подается вентилятором через испаритель. Этот поток воздуха необходим для кипения жидкого хладагента. Количество тепла зависит от разности температур воздуха и хладагента. Чем больше разность, тем большее количество тепла передается от воздуха к хладагенту. Высокая тепловая нагрузка способствует интенсивной передаче тепла хладагенту. Когда вентилятор включен на полную мощность, он подает максимальный объем воздуха через испаритель и способствует быстрому кипению хладагента. При снижении частоты вращения вентилятора уменьшается объем подаваемого воздуха. Однако при небольшом объеме подачи воздух находится в контакте с испарителем более длительное время, при этом повышается передача тепла к хладагенту и в автомобиль нагнетается более холодный воздух.

Изменение агрегатного состояния хладагента в испарителе так же важно для КПД агрегата, как и циркуляция воздуха, проходящего через испаритель. Жидкий хладагент, который

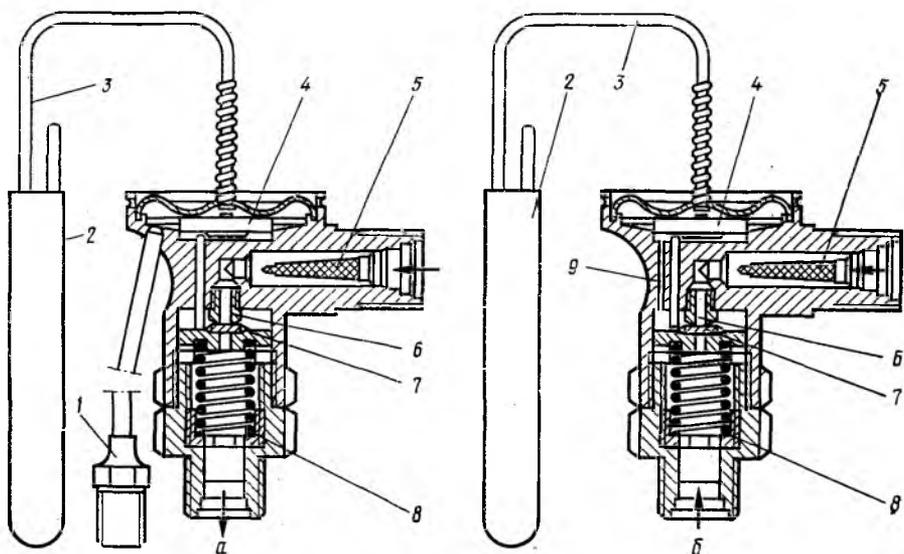


Рис. 381. Терморегулирующие вентили:

a — с внешним уравниванием; *б* — с внутренним уравниванием; 1 — наружная уравнивательная линия; 2 — термобаллон; 3 — капиллярная трубка; 4 — мембрана; 5 — фильтр; 6 — седло; 7 — клапан; 8 — пружина; 9 — отверстие для внутреннего уравнивания.

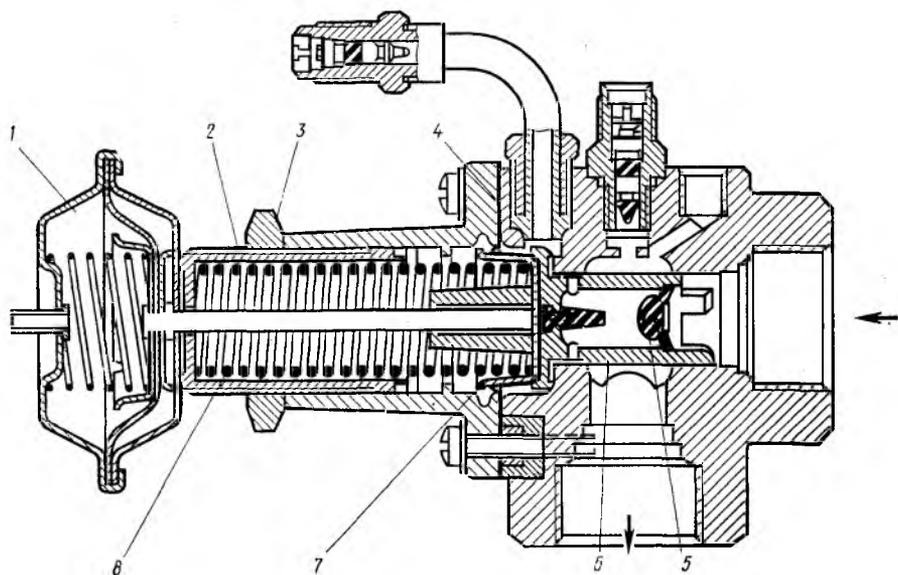


Рис. 382. Разрез дроссельного вентиля на всасывающей линии:

1 — устройство компенсации высоты; 2 — регулировочный стакан; 3 — стопорная гайка; 4 — мембрана; 5 — сетка; 6 — поршень; 7 — стакан пружины; 8 — пружина.

подается в испаритель регулирующим вентилем, превращается в пар при поглощении тепла из воздуха. Для обеспечения полной производительности агрегата в испарителе должно сохраняться некоторое количество жидкости.

Заотопление испарителя происходит при избыточной подаче хладагента в испаритель регулирующим вентилем. Когда такое явление имеет место, часть жидкого хладагента поступает из испарителя во всасывающий трубопровод и затем в компрессор. В результате компрессору может быть нанесено серьезное повреждение. Кроме того, воздух не будет достаточно охлаждаться в салоне автомобиля.

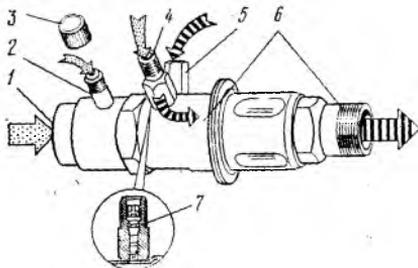


Рис. 383. Дроссельный вентиль с управляющим устройством:

1 — от регулируемого давления в испарителе; 2 — присоединение для регулирования давления в испарителе; 3 — предохранительный колпак; 4 — присоединение линии слива жидкости; 5 — присоединение уравнительной линии регулирующего вентиля (к линии всасывания у компрессора); 6 — к компрессору (давление всасывания); 7 — обратный клапан.

Если в испаритель подается малое количество хладагента, он не заполняет весь змеевик испарителя. В результате чего не осуществляется теплопередача по всей длине испарителя и соответственно снижается производительность.

Дроссельные вентили на всасывающей линии. Любое устройство, которое используется для регулирования потока хладагента от испарителя к компрессору, называется дроссельным вентилем, или регулятором на всасывающей линии (рис. 382). Это устройство расположено на всасывающей

линии между испарителем и всасывающим вентилем компрессора.

Ниже дано описание различных типов дроссельных вентиляей, устанавливаемых на всасывающей линии.

Дроссельный вентиль с управляющим устройством. Эти вентили использовались на агрегатах фирмы «Дженерал моторс» в 1966—1973 гг. Фирма «Форд мотор корпорейшн» использует их в настоящее время в своих системах, но называет их прямоотчными вентилями. Это уникальный тип вентиля из-за прямоотчного характера потока хладагента и герметичного корпуса. В основном это пружинный вентиль, в котором имеются вакуумный сиффон и игольчатый клапан, расположенный внутри корпуса вентиля. Работа вентиля не зависит от атмосферного давления, и поэтому изменение высоты не оказывает никакого влияния на его функционирование (рис. 383). Если давление в испарителе выше 0,2 МПа при работающем компрессоре, перепад давлений между входом и выходом вентиля вызывает сжатие сиффона. В результате вен-

тиль открывается и образуется свободное течение хладагента к компрессору. Если давление в испарителе опускается ниже 0,2 МПа, то сильфон расширяется и закрывает игольчатый клапан. Это действие сильфона уравнивает давление на каждой стороне вентиля и позволяет пружине перемещать иглу в положение закрытия. Когда поток хладагента уменьшится при закрытии вентиля, давление на выходе из испарителя повы-

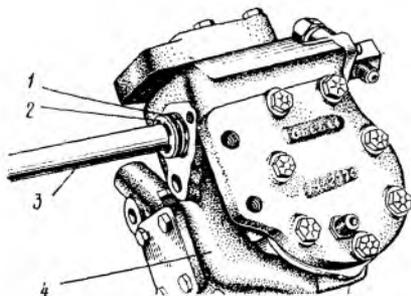


Рис. 384. Расположение в компрессоре клапана регулятора давления в испарителе:

1 — кольцо; 2 — клапан регулятора давления в испарителе; 3 — инструмент; 4 — компрессор.

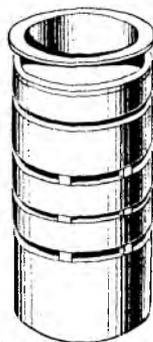


Рис. 385. Клапан регулятора давления в испарителе.

сится и предотвратит обмерзание змеевика испарителя. При увеличении давления выше 0,2 МПа вентиль снова открывается и к компрессору направляется полный поток хладагента. Вентиль работает циклично во время работы агрегата.

Регулятор давления в испарителе. Эти регуляторы используются на автомобилях фирмы «Крайслер корпорейшн» выпуска 1961 г., за исключением моделей «Дарт Валиант» и автомобилей, оборудованных навесными агрегатами кондиционирования воздуха. Регуляторы давления в испарителе являются дроссельными вентилями на всасывающей линии и монтируются вблизи компрессора (рис. 384). Регуляторы предназначены для предотвращения обмерзания испарителя посредством регулирования да-

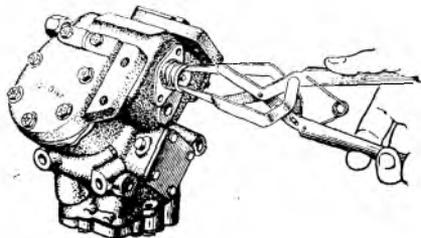


Рис. 386. Расположение в компрессоре клапана регулятора температуры в испарителе.

ления всасывания и поддержания его на уровне выше температуры замерзания. Регуляторы функционируют так же, как и наружные регуляторы давления в испарителе, за исключением того, что ход стержня регулируется с помощью газового сильфона.

Регулятор поддерживает давление в диапазоне от 0,155 до 0,183 МПа (рис. 385).

Этот тип регулятора не подвергается настройке и подлежит замене при появлении каких-либо дефектов.

Регулятор давления в испарителе имеет проход для подачи масла из всасывающей линии в картер компрессора. Проход для масла имеет две функции: он позволяет маслу рециркулировать назад в компрессор, а также используется для уплотнения картера компрессора и предотвращения снижения давления ниже атмосферного. Это необходимо для того, чтобы воздух и влага не могли попасть в картер через сальник вала.

Регулятор температуры в испарителе. На автомобилях фирмы «Крайслер корпорейшн», выпускавшихся после 1967 г., регулятор давления был заменен на регулятор температуры в испарителе (рис. 386). Регуляторы давления и температуры предназначены для выполнения одной и той же задачи: они регулируют поток жидкого хладагента для предотвращения обмерзания испарителя. Основная разница между двумя регуляторами заключается в том, что регулятор давления — это прибор пропорциональный, т. е. плавного действия, а регулятор температуры — двухпозиционный и состоит из электромагнитного вентиля и реле температуры. Регулятор температуры (рис. 387) или полностью открыт, или полностью закрыт.

Реле температуры, воздействующее на электромагнитный клапан, размещено позади корпуса испарителя и содержит тер-

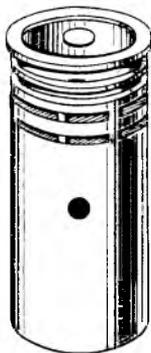


Рис. 387. Клапан регулятора температуры в испарителе.

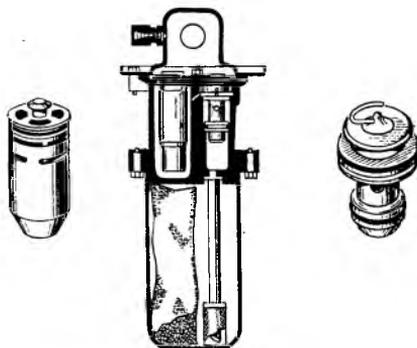


Рис. 388. Разрез узла регулятора в ресивере.

мочувствительную трубку, которая расположена между ребрами испарителя. Когда температура в испарителе опускается до уровня, при котором он может обмерзнуть, контакты реле температуры размыкаются и электромагнитный вентиль закрывается. При повышении температуры испарителя до такого уровня, что предотвращается его обмерзание, контакты реле температуры замыкаются, открывается электромагнитный вентиль и полный поток хладагента направляется в компрессор.

Регуляторы в ресивере. С 1973 г. все автомобили фирмы «Дженерал моторс» оборудуются регулятором в ресивере. Этот регулятор содержит терморегулирующий вентиль, дроссельный вентиль с управляющим устройством, ресивер-осушитель и смотровое стекло. Он монтируется рядом с испарителем и ликвидирует необходимость в присоединении линии внешнего уравнивания между терморегулирующим вентиляем и дроссельным вентиляем. Это достигается сверлением отверстия в разделительной перегородке корпуса регулятора между дроссельным вентиляем и ТРВ (рис. 388).

Этот регулятор был усовершенствован в 1975 г. и называется регулятором в ресивере с уравниванием по давлению в испарителе. Применение нового регулятора позволило снизить расход топлива в автомобиле.

Корпус регулятора и регулирующий вентиль являются двумя компонентами нового регулятора, которые нельзя заменять узлами регулятора в ресивере.

Во время работы жидкий хладагент течет из конденсатора в ресивер-осушитель, где он осушается. Затем агент проходит через фильтрующую сетку в трубу отбора и поступает в регулирующий вентиль.

Регулирующий вентиль регулирует поток хладагента в испаритель под действием температуры и давления хладагента при течении через регулятор в ресивере. Регулирование осуществляется с помощью силовой мембраны. Давление, действующее на мембрану, определяется температурой хладагента при его течении через вход регулятора в ресивере к дроссельному вентилю с управляющим устройством. Силовая мембрана находится в потоке парообразного хладагента, идущего из испарителя. Любое повышение температуры пара вызывает прогиб силовой мембраны. При прогибе мембраны игла отходит от седла, в результате чего увеличивается поток хладагента. При снижении температуры пара действие силовой мембраны реверсируется и регулятор уменьшает поток агента.

Давление пара хладагента, поступающего из испарителя, также влияет на силовую мембрану. Давление воспринимается через отверстие для внутреннего уравнивания между силовой мембраной регулирующего вентиля и полостью дроссельного вентиля с управляющим устройством, исключая тем самым необходимость во внешней уравнивательной линии.

Дроссельный вентиль с управляющим устройством регулирует поток хладагента, поддерживая в испарителе давление на уровне 0,21 МПа. При этом давлении поддерживается температура 0 °С. Такое сочетание указанных величин давления и температуры предотвращает обмерзание испарителя, что ухудшило бы протекание потока воздуха через испаритель.

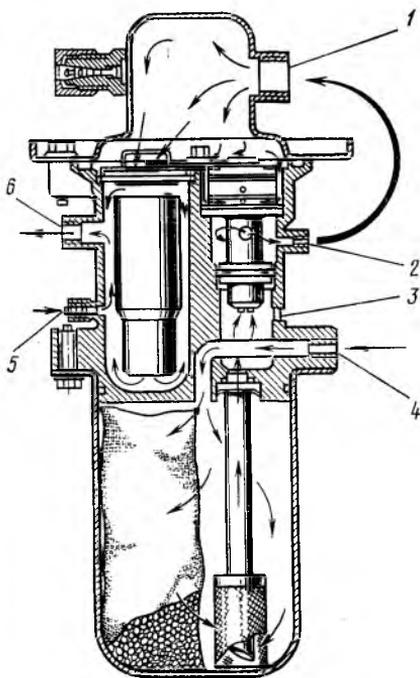


Рис. 389. Циркуляция хладагента через регулятор в ресивере с уравниванием по давлению в испарителе: 1 — из испарителя; 2 — к испарителю; 3 — смотровое стекло; 4 — из конденсатора; 5 — линия слива масла; 6 — к компрессору.

Во время работы давление в испарителе подается во входной патрубок плунжера регулятора. Хладагент проходит через сетку плунжера и просверленное в нем отверстие, а затем поступает в полость сильфона. При повышении давления в испарителе сила пружины плунжера дроссельного вентиля с управляющим устройством и давление в полости сильфона преодолевается, в результате чего плунжер перемещается и открывает главное отверстие в регуляторе. Хладагент затем течет через главное отверстие регулятора обратно во всасывающую линию компрессора. Через открытый клапан хладагент поступает в компрессор. Давление в испарителе понижается до 0,21 МПа. Сила пружины плунжера и давление в полости сильфона преодолевают давление в испарителе, и регулятор прикрывает главное отверстие и снижает интенсивность потока хладагента, отсасываемого компрессором.

Когда давление в испарителе выше давления в полости сильфона, хладагент течет через отверстие в плунжере для поддержания давления в полости сильфона (рис. 389). Это давление действует на движение поршневого золотника и перемещение иглы. Хладагент поступает из зоны пружины плунжера в полости сильфона через два небольших отверстия в держателе сильфона в полость вокруг последнего. При повышении давления вакуумный сильфон сжимается и игла отходит от седла. Хладагент затем поступает из полости сильфона через отверстие в седле для иглы во всасывающую линию. Когда ин-

тенсивность потока хладагента через отверстие в седле для иглы превышает интенсивность потока через отверстие в плунжере в полость сильфона, давление в последней понижается. Сильфон расширяется и перемещается в сторону седла, закрывая тем самым отверстие. Плунжер дроссельного вентиля с управляющим устройством и игольчатый вентиль плавно регулируют поток хладагента в компрессор под воздействием баланса сил, действующих на клапан.

Дроссельные вентили с управляющим устройством настраивают на заводе-изготовителе и не подвергают перенастройке или ремонту на месте эксплуатации. Если дроссельный вентиль с управляющим устройством не функционирует соответствующим образом, его заменяют целиком.

Уравнивающее отверстие предназначено для ускорения открытия регулирующего вентиля при определенных условиях. Когда дроссельный вентиль с управляющим устройством закрывается, процесс охлаждения замедляется. При движении автомобиля на высокой скорости повышение температуры воздуха на выходе из испарителя было бы значительным. Это увеличение температуры устраняется посредством применения уравнивающего отверстия в регуляторе, которое способствует прогибу силовой мембраны вентиля без нагрева последнего.

Под действием перепада давлений в уравнивающем отверстии и последующего снижения давления под мембраной вентиль срабатывает так, как если бы чувствительный элемент регулирующего вентиля был нагрет и на мембрану бы действовало давление. Таким образом, регулирующий вентиль открывается, и хладагент течет к испарителю.

Регуляторы компрессора

Компрессор управляется с помощью электрического реле, которое последовательно соединено с электромагнитной муфтой. Ниже изложено краткое описание этих приборов.

Термореле. Этот прибор устанавливается внутри автомобиля и воспринимает температуру испарителя. Термореле смонтировано в схеме электромагнитной муфты, и при приближении температуры испарителя к точке обмерзания оно размыкает электрическую цепь к муфте и компрессор останавливается. Когда температура в испарителе повышается до заданной величины, электрическая цепь замыкается и снова включается электромагнитная муфта, в результате чего компрессор начинает работать. Некоторые приборы имеют настроечную ручку, которой можно изменить уставки включения и выключения регулирующего прибора. Применяются два типа термореле: биметаллические и сильфонные.

Биметаллическое термореле. Исполнительным механизмом этого прибора является биметаллический рычаг,

который расширяется и сжимается при изменении температуры. Термореле монтируют у испарителя, и поэтому поток нагнетаемого воздуха обдувает биметаллический рычаг. Под действием потока холодного воздуха биметаллический рычаг сжимается, в результате чего контакты термореле замыкаются. Воздух, нагнетаемый от испарителя, нагревается, в результате чего биметаллический рычаг расширяется, контакты термореле замыкаются и компрессор начинает работать.

Сильфонное термореле. Этот прибор содержит газовый сильфон и капиллярную трубку. Капиллярная трубка является термочувствительным элементом и обычно вставляется между ребрами испарителя для наиболее полного контроля температуры испарителя.



Рис. 390.
Реле перегрева.

Повышение температуры в испарителе увеличивает давление в сильфоне. При этом контакты термореле замыкаются, в результате чего по электрической цепи подается ток к муфте компрессора и компрессор начинает функционировать. При понижении температуры в испарителе давление в сильфоне уменьшается и он сжимается. Электрическая цепь к муфте размыкается, и прекращается процесс охлаждения. Между температурами включения и выключения термореле существует определенная разность. За счет этой разности испаритель нагревается до повторного пуска компрессора. Регулировочный винт настраивают на заводе-изготовителе для поддержания разности примерно 7 °С. При помощи ручки можно настроить термореле на требуемую температуру.

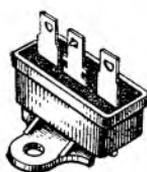


Рис. 391.
Плавкий предохранитель.

Термореле температуры окружающей среды.

Компрессор может быть поврежден, если он будет работать при отсутствии необходимости в кондиционировании воздуха. Термореле данного типа предназначено для предотвращения работы компрессора при очень низкой температуре окружающей среды. Контакты термореле размыкаются примерно при 0 °С. Однако некоторые изготовители могут сделать другую настройку. Когда термореле включается, электрическая цепь к муфте компрессора замыкается и он начинает работать. При температуре ниже этой настройки термореле размыкает электрическую цепь к муфте компрессора и компрессор отключается.

Реле перегрева. Это реле содержит мембрану и термочувствительную трубку, заряженную R114 (рис. 390). Термочувствительная трубка, установленная во всасывающей полости компрессора, воспринимает температуру всасываемого пара. Температура всасываемого пара определяет внутреннее давление, действующее на мембрану. Давление всасывания оказывает внешнее воздействие на мембрану.

Реле сконструировано таким образом, что при низком давлении и высокой температуре внутри компрессора электрический контакт, который приварен к мембране, соединяется со штифтом клеммы, в результате чего сгорает предохранитель. Замыкания не происходит, если хладагент имеет низкое давление при низкой температуре или высокое давление при высокой температуре.

Плавкий предохранитель. Плавкий предохранитель содержит термочувствительный элемент, проволочное сопротивление и соединительные клеммы, размещенные в пластмассовом корпусе (рис. 391).

Предохранитель предотвращает возможное повреждение компрессора из-за недостаточной зарядки хладагента, полной потери зарядки, дефекта или неправильной установки дроссельного вентиля с управляющим устройством или регулирующего вентиля. В результате предохранитель перегорает, прерывая электрическую цепь к муфте компрессора.

Система защиты от недозарядки. Многие последние модели автомобилей фирмы «Дженерал моторс» имеют систему защиты от недозарядки хладагентом.

Эта система содержит реле перегрева, плавкий предохранитель, регулятор системы кондиционирования воздуха и термореле окружающей среды. Во время работы электрический ток течет через регулятор системы кондиционирования воздуха, термореле окружающей среды и плавкий предохранитель, включая катушку муфты компрессора (рис. 392). Если имеется частичная или полная утечка хладагента, реле перегрева, смонтированное в задней части компрессора, воспринимает высокую температуру всасываемого пара и контакты замыкаются. Когда замыкаются контакты реле перегрева, электрический ток течет через электронагреватель в плавком предохранителе. Нагреватель нагревает плавкую вставку предохранителя до температуры плавления.

Когда вставка предохранителя расплавится, подача электрического тока к муфте компрессора прерывается. Муфта выключается, предотвращая тем самым повреждение компрессора из-за потери хладагента. Необходимо определить и устранить

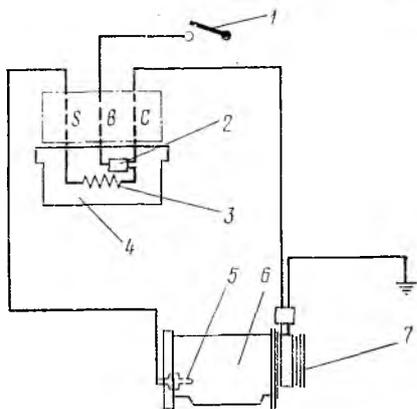


Рис. 392. Схема защиты от недозарядки системы хладагентом:

1 — реле температуры окружающей среды; 2 — вставка; 3 — электронагреватель; 4 — плавкий предохранитель; 5 — реле перегрева; 6 — компрессор; 7 — катушка муфты.

причину недостатка хладагента, а затем дополнительно зарядить его в систему, иначе предохранитель снова перегорит.

Регулятор температуры в салоне автомобиля

В последние годы резко повысились требования к комфортным условиям в легковых автомобилях. Эти требования обусловили усовершенствование транспортных систем кондиционирования.

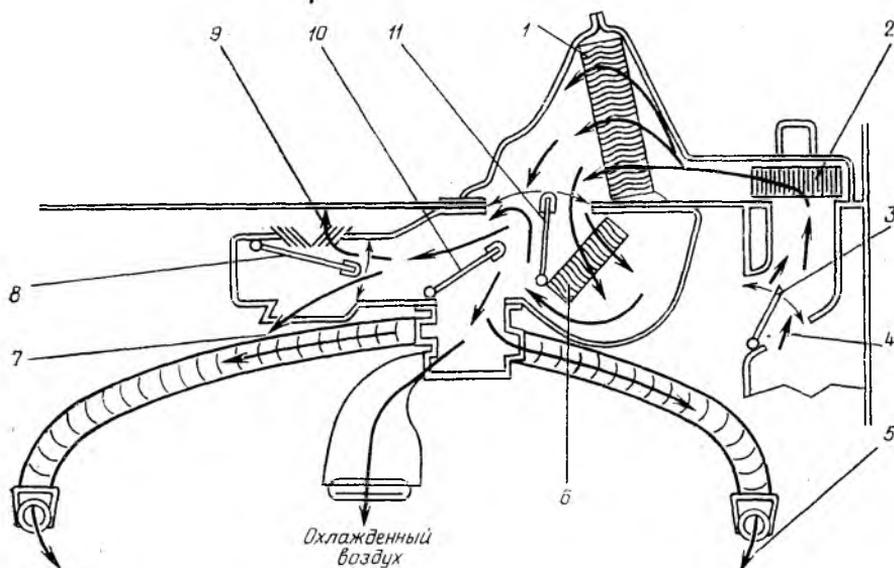


Рис. 393. Типовая схема циркуляции кондиционированного воздуха в автомобиле:

1 — испаритель; 2 — вентилятор; 3 — заслонка на пути потока воздуха; 4 — наружный воздух; 5 — рециркулирующий воздух; 6 — нагревательная батарея; 7 — выход из нагревателя; 8 — заслонка дефростера; 9 — выход из дефростера; 10 — заслонка для регулирования выхода охлажденного воздуха; 11 — заслонка с терморегулированием.

рования воздуха. Многие изготовители объединили функции регулирования систем нагрева и охлаждения в одном температурном приборе.

Во многих современных системах кондиционирования применяется принцип повторного нагрева. При использовании такой системы воздух направляется через испаритель для охлаждения и осушения, а затем проходит через нагревательную батарею или вокруг нее и поступает в систему распределения воздуха (рис. 393).

Система ручного регулирования. Основное отличие между различными системами заключается в способе соединения различных узлов. В некоторых системах используют механические

рычаги и тросы, в других применяют узлы с вакуумным приводом, а в третьем типе систем используют комбинацию этих двух методов. Ниже приведено краткое описание различных узлов, используемых при регулировании работы транспортной системы кондиционирования воздуха.

Регулятор в сборе. Пассажир может регулировать систему нагрева, охлаждения или оттаивания посредством изменения положения рычагов или кнопок на панели управления.

Специальный селектор регулирует поток воздуха. Например, когда селектор устанавливают в положение на включение процесса охлаждения, электрическая цепь к муфте компрессора замыкается через выключатель на панели управления и термореле окружающей среды. Если температура окружающей среды выше установки термореле, контакты последнего замыкаются и компрессор начинает работать. Если выключатель или рычаг устанавливают в какое-нибудь другое положение, компрессор обычно не включается.

Селекторные выключатели или рычаги определяют также направление потока воздуха. Поворотный регулятор вакуума или выключатель на панели управления (рис. 394) регулирует положение заслонок в системе воздушных каналов на пути потока воздуха. Эти заслонки определяют направление потока воздуха. В кнопочной системе управления кнопки используют в качестве переключателей, с помощью которых создается вакуум по одну или другую сторону мембраны вакуумного действия. Эта мембрана соединена стержнем и рычажным механизмом с заслонкой на пути потока воздуха. Движение мембраны открывает или закрывает заслонку. Такое же действие может быть выполнено посредством рычагов и тросов без вакуумного привода.

Вакуум в этих системах создается в коллекторе двигателя. Иногда используют вакуумный бак для исключения колебаний в системе регулирования. Вакуум обычно создается в различных вакуумных двигателях посредством регулятора вакуума или переключателя на задней стороне панели управления.

Регулятор температуры. Положение рычага регулятора температуры определяет температуру нагнетаемого воздуха соответствующим расположением заслонки на пути потока воздуха в воздушных каналах. Положение заслонки обычно регулируется посредством троса, соединенного с рычагом. На некоторых последних моделях рычаг соединен с регулятором вакуума. Этот регулятор создает вакуум у мембраны, управляющей заслонкой на входе воздуха. Система регулирования определяет температуру рециркулирующего в пассажирском салоне воздуха. Рециркуляция воздуха в салоне создает возможность быстро охладить воздух в жаркие и влажные дни.

Водяной вентиль. Водяной вентиль используют для регулирования потока охлаждающей жидкости через батарею на-

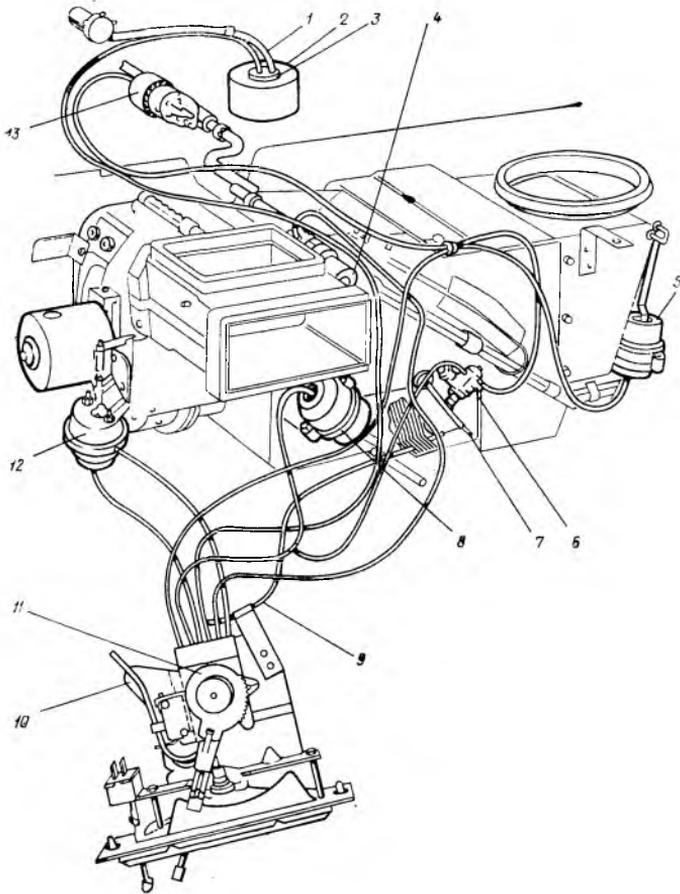


Рис. 394. Система вакуумного регулирования в транспортной установке кондиционирования воздуха:

1 — шланг; 2 — вакуумный бак; 3 — обратный клапан; 4 — заслонка; 5 — вакуумный двигатель; 6 — водяной вентиль; 7 — заслонка с терморегулированием; 8 — заслонка на пути потока воздуха; 9 — кабель регулятора температуры; 10 — регулятор в сборе; 11 — селекторный клапан; 12 — заслонка с терморегулированием; 13 — водяной вентиль.

гревателя. Если через батарею протекает больше жидкости, то больше тепла подается в пассажирский салон. Когда вентиль закрыт, поток жидкости уменьшается и снижается тепло, подаваемое в салон.

Батарея нагревателя. В батарее нагревателя происходит передача тепла от охлаждающей двигатель жидкости к воздуху. Из батареи жидкость поступает к всасывающему патрубку водяного насоса.

Регулирование частоты вращения вентилятора. Включатель вентилятора используют для регулирования

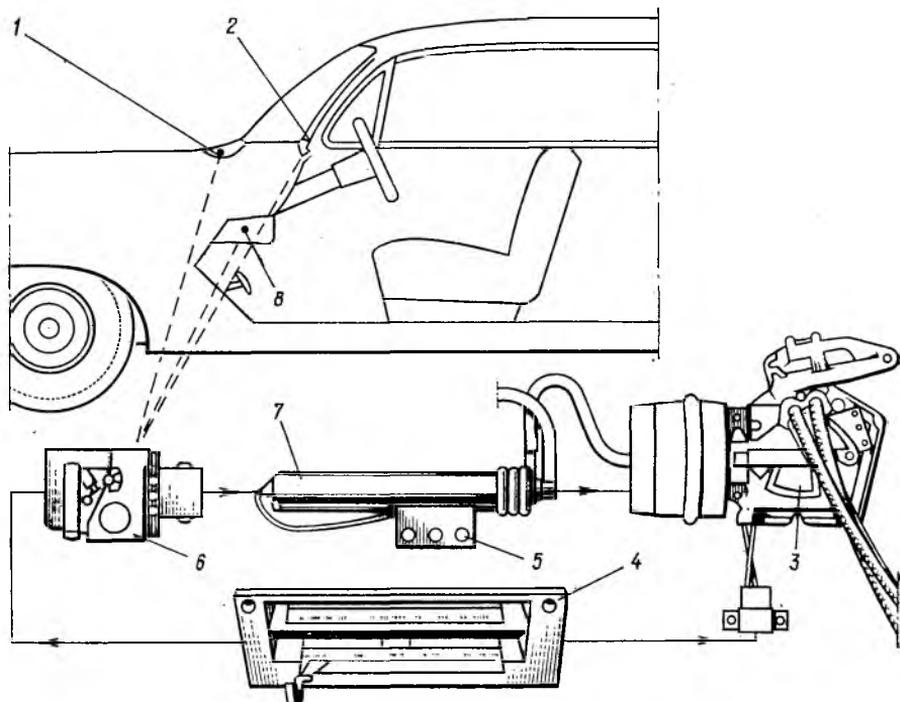


Рис. 395. Типовая система автоматического регулирования температуры:
 1 — датчик температуры окружающей среды; 2 — чувствительный элемент в пассажирском салоне; 3 — регулятор силового сервопривода (выпускных отверстий верхних или нижних, частоты вращения вентилятора, температуры); 4 — ручной селектор температуры; 5 — регулирующая головка; 6 — усилитель; 7 — электровакуумный датчик; 8 — чувствительный элемент.

потока воздуха посредством изменения частоты вращения двигателя вентилятора. Двигатели вентиляторов имеют различные скорости вращения в зависимости от конструкции и модели автомобиля.

При проверке и ремонте транспортных систем кондиционирования воздуха многие неисправности обнаруживают в вакуумной системе. Поэтому, если предполагается какая-либо неисправность в вакуумной системе, необходимо тщательно проверить соединения, шланги и обратные клапаны. Для обнаружения короткого замыкания, замыкания на корпус и неплотного присоединения к клеммам в схеме электрических соединений обычно используют омметр.

Системы автоматического регулирования температуры. Система автоматического регулирования температуры предназначена для управления процессами нагрева и охлаждения с целью создания требуемой температуры в пассажирском салоне

(рис. 395). Температура выбирается при помощи шкалы. Система может быть настроена по шкале для поддержания температуры в пассажирском салоне в диапазоне от 18,3 до 29,4 °С. Когда настройка на требуемую температуру осуществлена, система работает автоматически независимо от погодных условий.

Индивидуальные системы регулирования различаются по конструкции, но все они содержат следующие четыре основных узла: чувствительный элемент, панель управления, датчик, силовой сервопривод,

Чувствительный элемент. Чувствительный элемент является сопротивлением термисторного типа. Величина сопротивления термистора обратно пропорциональна изменению температуры, т. е. повышение температуры вызывает понижение величины сопротивления. И наоборот, при понижении температуры термистора увеличивается величина сопротивления. Чувствительный элемент представляет собой цепочку термисторов, расположенных в определенных точках системы для выполнения определенных функций.

Чувствительные элементы располагаются чаще всего в следующих точках:

1. На панели управления для восприятия температуры воздуха в пассажирском салоне.
2. В канале подачи свежего воздуха для восприятия температуры поступающего воздуха.
3. В канале нагнетания воздуха для восприятия температуры нагнетаемого воздуха.

Эти чувствительные элементы последовательно соединены с селектором температуры и друг с другом. Это делается для того, чтобы электрический сигнал отражал различные температуры чувствительных элементов и селектора температуры. Электрический сигнал подается к усилителю системы.

Панель управления. Панель управления расположена на приборном щитке. На панели имеются усилитель и шкала температур. Усилитель увеличивает напряжение, поступившее от чувствительных элементов и селекторного переключателя. Усилитель может быть установлен на панели управления или отдельно.

Датчик. Датчик является электромеханическим прибором, который преобразует электрический сигнал от усилителя в вакуумный сигнал, регулирующий работу силового сервопривода.

Силовой сервопривод. Силовой сервопривод — это регулирующий узел системы. Он работает под действием сигнала от чувствительного элемента. Сервопривод соединен с терморегулируемой заслонкой и устанавливает ее в положение для нагрева или охлаждения пассажирского салона. Он регулирует также работу вакуумного регулятора и частоту вращения двигателя вентилятора для создания в пассажирском салоне температуры в зависимости от установки по шкале температур.

Универсальный автоматический анализатор и регулятор температуры

Анализатор используют для замещения сопротивлений при подключении к электрической схеме автомобиля. При правильном соединении анализатор шунтирует чувствительные элементы и селектор температуры и делает возможным ручное регулирование системы. Можно проверить всю систему при включении заданных величин сопротивления.

Вакуумметром анализатора проверяют вакуум на главном выключателе вентилятора для выявления изменений в перепускном клапане. Вольтметр используют для проверки работы усилителя и сервопривода, а также работы чувствительных элементов и потенциометра шкалы селектора.

Монтаж автомобильного кондиционера

Универсальные автомобильные кондиционеры монтируют довольно просто. Все узлы системы изготавливаются на заводе и сопровождаются соответствующими инструкциями и чертежами.

Автомобильный кондиционер состоит из компрессора с ременным приводом от двигателя, конденсатора, монтируемого между радиатором и воздухораспределительной решеткой, ресивера-осушителя, монтируемого на стойке крыла автомобиля, и испарителя, монтируемого под панелью приборного щитка.

Все трубопроводы и арматура должны быть заглушены до присоединения, чем предотвращается попадание грязи и влаги в систему. Для создания герметичных соединений необходимо смазать все раструбные соединения одной или двумя каплями чистого масла для холодильных машин. Не следует чрезмерно затягивать арматуру. Необходимо отсоединить кабель от отрицательной клеммы аккумулятора до начала монтажа.

Приведенная ниже технология монтажа не относится к какой-нибудь определенной конструкции или модели автомобильного кондиционера. Она является руководством и дополняет документацию изготовителя.

1. Демонтировать радиатор с автомобиля, если доступ к шкиву коленчатого вала затруднен. Для этого необходимо спустить жидкость из радиатора, затем отсоединить шланги радиатора и трубопроводы охлаждения коробки передач, демонтировать кожух радиатора, вывернуть опорные болты и осторожно вынуть радиатор.

2. Компрессор и привод должны быть смонтированы в соответствии с инструкциями. В некоторых случаях может быть затруднен доступ к крепежным болтам компрессора. В таком случае компрессор должен быть смонтирован на кронштейне до крепления последнего на двигателе.

3. Смонтировать муфту на коленчатом валу компрессора. Необходимо отцентрировать сегментную шпонку на коленчатом валу с пазом для шпонки в ступице диска сцепления. После того как на компрессоре смонтирована катушка возбуждения электромагнитной муфты, на валу монтируют узел ротор—шків. Необходимо вручную вращать шків, с тем чтобы убедиться в отсутствии помех между полем муфты и ротором. Закрепить узел ротора на коленчатом валу компрессора посредством шайбы и винта. Винт окончательно затягивают после завершения монтажа. Незатянутый винт на муфте может разрушить сегментную шпонку, ступицу сцепления или конусную шейку коленчатого вала компрессора.

4. Смонтировать конденсатор между радиатором и воздухо-распределительной решеткой, причем соединения должны быть на той же стороне автомобиля, что и соединения компрессора. Конденсатор должен быть расположен на расстоянии от 13 до 38 мм от радиатора и на возможно большей высоте. Для крепления конденсатора на скобе радиатора необходимо пользоваться винтами и кронштейнами. Запрещается чрезмерно затягивать крепежные детали конденсатора.

5. Если необходимо, просверлить два отверстия в верхней части скобы радиатора, на стороне компрессора. Ввести трубопроводы хладагента в отделение двигателя. В отверстия вложить прокладочные кольца для защиты трубопроводов от повреждения. Иногда возникает необходимость в перемещении некоторых узлов, с тем чтобы освободить место для конденсатора.

6. Ресивер-осушитель должен быть смонтирован в максимально вертикальном положении на стойке крыла. Для крепления необходимо пользоваться прилагаемыми винтами и скобами.

7. Смонтировать испаритель под приборным щитком. Прикрепить кронштейны к каждому концу испарителя, используя для этой цели поставляемые винты и шайбы. Болты и гайки не следует затягивать до конца, с тем чтобы можно было соответствующим образом установить испаритель.

8. Необходимо определить наилучшее расположение испарителя под приборным щитком. Зона педалей ножного тормоза и дроссельной заслонки не должна быть загромождена. Установив испаритель параллельно нижней стороне щитка, отметить расположение спускных отверстий, отверстий для кронштейнов и трубопроводов хладагента. Необходимо убедиться в том, что отверстия в теплоизоляционной перегородке находятся на достаточном расстоянии от двигателя и его узлов. Просверлить намеченные отверстия.

9. Протянуть трубопроводы хладагента из отделения двигателя через отверстия в теплоизоляционной перегородке и закрепить их соответствующим образом на испарителе. Необходимо

убедиться в том, что в отверстиях в теплоизоляционной перегородке установлены прокладочные кольца. Оголенную часть всасывающего трубопровода обернуть изоляционной лентой.

10. Закрепить испаритель под приборным щитком. Если в перегородке имеется длинная распорка, необходимо проявлять осторожность при сверлении отверстий в корпусе испарителя или в кожухе вентилятора. Прорезать один конец спускного шланга под углом для предотвращения его соединения встык с коробкой передач под полом машины. Провести спускной шланг через отверстие в полу, а другой конец шланга присоединить к алюминиевой спускной трубе в задней части поддона для сбора талой воды от испарителя.

11. Завершить укладку электропроводки в соответствии со схемой. Необходимо убедиться в том, что провод с держателем предохранителя соединен с клеммой выключателя зажигания.

12. Провести два трубопровода хладагента через изоляционную перегородку к компрессору. Соединить всасывающий шланг со всасывающим вентиляем компрессора, жидкостный трубопровод — с выходным штуцером ресивера-осушителя, нагнетательную линию — с нагнетательным вентиляем компрессора. Все шланги холодильного агента должны быть проложены на определенном расстоянии от выпускных коллекторов и трубопроводов, горячих частей двигателя и любых острых краев.

Вакуумирование и зарядка автомобильного кондиционера

Систему кондиционирования воздуха необходимо вакуумировать после монтажа, а также во время каждого технического обслуживания (после выпуска всего хладагента). Вакуумирование необходимо для удаления из системы воздуха и влаги, которые попали в нее во время монтажа и обслуживания. При вакууме в системе понижается температура кипения влаги. Влага вскипает, и поэтому ее можно удалить в виде пара.

Ниже указана последовательность присоединения вакуумного насоса к вакуумируемой системе.

1. Соединить коллектор с манометрами в сборе с системой (рис. 396).

2. Закрыть ручные вентили на коллекторе с манометрами.

3. Снять предохранительные колпачки с входного и выходного штуцеров вакуумного насоса.

4. Соединить центральный штуцер на коллекторе с манометрами с входным штуцером вакуумного насоса. Соединить шланг высокого давления с нагнетательным вентиляем компрессора. Соединить шланг низкого давления с всасывающим вентиляем компрессора.

Технология вакуумирования системы. Ниже следует описание технологии вакуумирования системы кондиционирования воз-

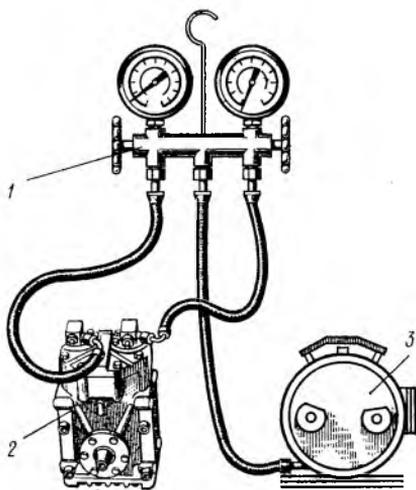


Рис. 396. Подготовка системы для вакуумирования:

1 — коллектор с мановакуумметром и манометром; 2 — компрессор; 3 — вакуум-насос.

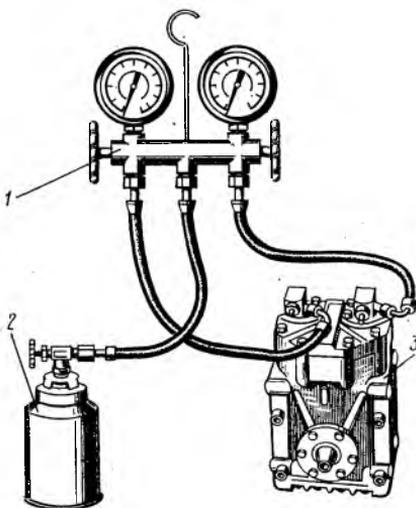


Рис. 397. Подготовка системы для зарядки холодильным агентом:

1 — коллектор с мановакуумметром и манометром; 2 — баллон с хладагентом; 3 — компрессор.

духа после того, как выполнены соответствующие соединения, указанные выше.

1. Включить вакуумный насос.

2. Открыть ручной вентиль трубопровода низкого давления и проверить показания мановакуумметра. Прибор должен показать наличие в системе определенного вакуума. После того как вакуумный насос проработал около 5 мин, мановакуумметр должен показать вакуум, равный, по крайней мере, 33 кПа. Стрелка манометра низкого давления должна быть на отметке немного ниже нуля.

3. Если стрелка мановакуумметра не опускается ниже нуля, это означает, что в системе имеется пробка. В данном случае необходимо прекратить процесс вакуумирования. Необходимо очистить систему от засорения, а затем продолжить процесс вакуумирования.

4. Включить вакуумный насос приблизительно на 15 мин и понаблюдать за манометрами. Мановакуумметр должен показывать от 81 до 88 кПа вакуума, если в системе нет утечки. Если требуемый вакуум не создается, следует закрыть ручной вентиль низкого давления и понаблюдать за мановакуумметром. Если мановакуумметр показывает повышение давления, это указывает на потерю вакуума, т. е. в системе имеется утечка, которую необходимо устранить до продолжения процесса вакуумирования.

5. Включить вакуумный насос, по крайней мере, на 30 мин. После завершения процесса вакуумирования необходимо закрыть ручной вентиль трубопровода стороны низкого давления. Отключить вакуумный насос и отсоединить центральный шланг от вакуумного насоса. Закрывать предохранительным колпачком входной штуцер вакуумного насоса.

6. Мановакуумметр должен показывать от 88 до 97 кПа вакуума, и это показание не должно меняться. Если в системе давление повышается, необходимо частично зарядить в систему хладагент, а затем проверить ее на утечку. После обнаружения и устранения утечки необходимо выпустить хладагент и повторно отвакуумировать систему. Если в системе поддерживается заданный вакуум, систему можно зарядить хладагентом.

Технология зарядки системы при помощи малого баллона для хладагента R12. Ниже изложена технология зарядки автомобильного кондиционера хладагентом.

1. Отсоединить центральный шланг от коллектора с манометрами.

2. Присоединить коллектор с манометрами к баллону с хладагентом (рис. 397). Соединить центральный шланг с коллектором с манометрами и открыть запорный вентиль баллона, поворачивая его по часовой стрелке. После открытия вентиля баллона необходимо отвернуть запорный вентиль на коллекторе с манометрами, поворачивая его по часовой стрелке. Центральный шланг теперь заполнен хладагентом и воздухом. Ослабить присоединение центрального шланга к коллектору с манометрами до появления шипящего звука. После утечки хладагента в течение нескольких секунд затянуть присоединение. Теперь в центральном шланге нет воздуха.

3. Открыть ручной вентиль манометра высокого давления и ввести хладагент в систему. В нее свободно войдет от 230 до 450 г хладагента. После такой частичной зарядки оба манометра должны показывать примерно одинаковые величины. Закрывать ручной вентиль манометра высокого давления.

4. Включить двигатель и отрегулировать частоту вращения приблизительно на 1250 об/мин. Установить выключатель вентилятора в положение высокой скорости и термостат — на максимальный холод. Открыть ручной вентиль на линии низкого давления, с тем чтобы хладагент мог поступить в систему. Добавлять хладагент до тех пор, пока смотровое стекло в верхней части ресивера-осушителя не будет чистым и пузырьки не будут видны.

5. Повернуть ручной вентиль на линии низкого давления и проверить показания обоих манометров. Правильные показания имеют соотношение 10 : 1, т. е. показания манометра высокого давления должны в 10 раз превышать показания мановакуумметра. Однако эти показания колеблются в зависимости от температуры окружающей среды. Показания манометров не-

Таблица 29. Показания манометров при правильно заряженной системе

Зависимость давления от температуры			Зависимость давления от температуры		
Температура окружающей среды, °С	Показания манометра низкого давления, 10 ³ Па	Показания манометра высокого давления, 10 ³ Па	Температура окружающей среды, °С	Показания манометра низкого давления, 10 ³ Па	Показания манометра высокого давления, 10 ³ Па
26,7	110	1035—1172	37,8	165	1471—1586
29,4	124	1137—1275	40,6	179	1586—1724
32,2	138	1206—1344	43,3	193	1724—1862
35	152	1137—1413	46,1	208	1827—1964

обходимо снимать при работающем двигателе (табл. 29). Если соотношение показаний манометров примерно 10 : 1 и смотровое стекло чистое, агрегат правильно заряжен и будет охлаждать воздух.

На рис. 398 показана типовая схема трубопроводов хлад-агента кондиционера, монтируемых под приборным щитком.

Если транспортная система кондиционирования воздуха работает неудовлетворительно, то следует выполнить ряд операций по обслуживанию. Ниже изложены некоторые указания, которые могут помочь в устранении возникающих неисправностей.

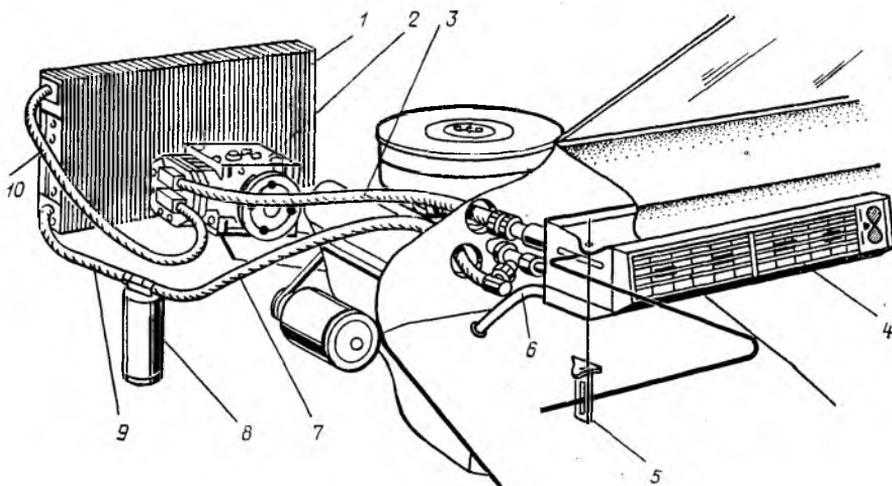


Рис. 398. Типовое расположение кондиционера за приборным щитком:

- 1 — конденсатор; 2 — компрессор; 3 — всасывающий шланг (от испарителя к компрессору); 4 — испаритель; 5 — монтажные кронштейны испарителя; 6 — спускной шланг; 7 — жидкостный шланг (от ресивера-осушителя к регулирующему вентилю); 8 — ресивер-осушитель; 9 — жидкостный шланг (от конденсатора к ресиверу-осушителю); 10 — нагнетательный шланг (от компрессора к конденсатору).

ВОЗМОЖНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ В ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

А. Неисправности в системе охлаждения

1 Низкое давление нагнетания

<i>Возможная причина</i>	<i>Способ устранения</i>
Утечка хладагента в системе	Устранить утечку
Неисправный регулирующий вентиль	Заменить вентиль
Всасывающий вентиль закрыт	Открыть всасывающий вентиль
Недозарядка хладагентом	Добавить хладагент
Ресивер-осушитель закупорен	Заменить ресивер-осушитель
Утечка во всасывающем вентиле компрессора	Заменить вентиль
Неисправные пластинчатые клапаны в компрессоре	Заменить пластинчатые клапаны

2. Высокое давление нагнетания

<i>Возможная причина</i>	<i>Способ устранения</i>
В системе имеется воздух	Зарядить хладагент в систему повторно
Конденсатор загрязнен	Очистить конденсатор
Нагнетательный вентиль закрыт	Открыть нагнетательный вентиль
Избыточное количество хладагента в системе	Выпустить часть хладагента
Недостаточное количество воздуха обдувает конденсатор	Установить больший вентилятор
Ремень вентилятора натянут слабо	Натянуть ремень вентилятора
Конденсатор не отцентрирован с вентилятором или установлен слишком близко к радиатору	Отцентрировать конденсатор и проверить расстояние от него до радиатора

3. Низкое давление всасывания

<i>Возможная причина</i>	<i>Способ устранения</i>
Недостаточное количество хладагента в системе	Добавить хладагент
Поршень компрессора изношен	Заменить компрессор
Утечка в прокладке головки блока цилиндров компрессора	Заменить прокладку
Скручены или сплющены шланги	Заменить шланги
Протечка во всасывающем клапане компрессора	Заменить клапанную пластину
В системе имеется влага	Заменить осушитель
Загрязненная сетка в регулирующем вентиле	Заменить фильтр

4. Высокое давление всасывания

<i>Возможная причина</i>	<i>Способ устранения</i>
Термобаллон TRV плохо закреплен	Затянуть хомут термобаллона
Избыточное количество хладагента в системе	Выпустить часть хладагента
Регулирующий вентиль не закрывается	Заменить вентиль
Неисправные пластинчатые клапаны в компрессоре	Заменить пластинчатые клапаны
Утечка в прокладке головки блока цилиндров компрессора	Заменить прокладку головки блока цилиндров компрессора

5. Компрессор не работает

<i>Возможная причина</i>	<i>Способ устранения</i>
Поврежден приводной ремень	Заменить ремень
Поврежден провод муфты	Отремонтировать провод
Поршень компрессора сломан	Заменить компрессор
Неисправное термореле	Заменить термореле
Повреждена катушка муфты	Заменить катушку муфты

6. Двигатель перегревается

<i>Возможная причина</i>	<i>Способ устранения</i>
Ремень вентилятора проскальзывает	Натянуть ремень
Двигатель не отрегулирован	Отрегулировать двигатель
Утечка в крышке радиатора	Заменить крышку
В радиаторе недостаточно воды	Заполнить радиатор водой
Ребра конденсатора забиты грязью	Прочистить ребра
Система охлаждения двигателя закупорена	Промыть радиатор и блок двигателя
Радиатор не обдувается достаточным количеством воздуха	Установить больший вентилятор

7. Испаритель не охлаждает

<i>Возможная причина</i>	<i>Способ устранения</i>
Испаритель обмерз, термореле имеет очень высокую уставку	Оттаять испаритель, снижая уставку термореле
Повреждена муфта	Проверить провод муфты и термореле
Ремень привода проскальзывает	Натянуть ремень
В салон автомобиля поступает горячий воздух	Закрыть окна отопителя или воздушные окна
Ресивер-осушитель закупорен	Заменить ресивер-осушитель
Капиллярная трубка ТРВ сломана	Заменить терморегулирующий вентиль
Недостаточное количество хладагента в системе	Добавить в систему хладагент
Давление нагнетания высокое	См. пункт 2.
Давление всасывания низкое	См. пункт 3.
Давление всасывания высокое	См. пункт 4.
Регулирующий вентиль замерз	Отвакуумировать систему и заменить ресивер-осушитель
Регулирующий вентиль поврежден	Заменить вентиль

8. Испаритель обмерз

<i>Возможная причина</i>	<i>Способ устранения</i>
Термореле неисправно	Заменить термореле
Термореле настроено неправильно	Настроить термореле
Через испаритель проходит недостаточное количество воздуха	Повысить уставку реле, управляющего частотой вращения вентилятора

Б. Неисправности в механической системе

9. Неисправности в системе привода

<i>Возможная причина</i>	<i>Способ устранения</i>
Шкив не отцентрирован	Отцентрировать шкив
Ремень шкива слишком затянут или ослаблен	Отрегулировать натяжение ремня
Ремень поврежден	Заменить ремень
Избыточная зарядка хладагентом, повышенное давление нагнетания	Выпустить часть хладагента
В натяжном шкиве поврежден подшипник	Заменить подшипник

10. Повышенная вибрация компрессора

<i>Возможная причина</i>	<i>Способ устранения</i>
Давление нагнетания слишком высокое	Проверить по пункту 2.
Сломаны или не затянуты болты	Заменить или затянуть болты
Отсутствуют замковые шайбы болтов	Установить замковые шайбы
Шкив на коленчатом валу не затянут	Затянуть болты
Муфта компрессора не затянута	Затянуть болты
Избыточное количество хладагента	Выпустить часть хладагента
Подшипники в натяжном шкиве изношены	Заменить подшипники
Ослаблен или поврежден ремень	Натянуть или заменить ремень

11. Повышенный уровень шума в муфте

<i>Возможная причина</i>	<i>Способ устранения</i>
Проверить установку катушки	Отцентрировать муфту и катушку
Проверить болтовое крепление шкива к валу компрессора	Затянуть болт
Проверить шпонку на валу компрессора	Отцентрировать шпонку с муфтой

12. Муфта не работает

<i>Возможная причина</i>	<i>Способ устранения</i>
Проверить предохранитель	Заменить предохранитель, если он неисправен
Проверить, не поврежден или не затянут ли провод муфты	Заменить или отремонтировать провод
Проверить, нет ли короткого замыкания в катушке	Заменить катушку
Проверить напряжение в муфте	Проверить соединения и изоляцию проводов
Проверить термореле	Заменить термореле, если оно неисправно
Проверить работу включателя вентилятора	Заменить включатель, если он неисправен
Компрессор поврежден	Заменить компрессор

13. Вентилятор не работает

<i>Возможная причина</i>	<i>Способ устранения</i>
Проверить предохранитель	Заменить предохранитель
Проверить, имеются ли поврежденные или незатянутые соединения	Отремонтировать соединение
Проверить включатель	Заменить включатель, если он сломан
Проверить двигатель вентилятора на отсутствие заклинивания или затормаживания	Отцентрировать двигатель и отрегулировать вентилятор
Проверить напряжение на клеммах двигателя	Проверить проводку и заменить двигатель, если он поврежден
Проверить провод заземления	Устранить неисправность

14. Низкая частота вращения вентилятора

<i>Возможная причина</i>	<i>Способ устранения</i>
Проверить, нет ли незатянутых проводов или короткого замыкания	Ликвидировать неисправность

Проверить, нет ли заклинивания вала	Отцентрировать двигатель и вентилятор
Проверить наличие перегоревших сопротивлений в регуляторах	Заменить регуляторы
Проверить регулировочный винт рабочего колеса вентилятора	Затянуть регулировочный винт

15. Утечка в сальнике вала компрессора или в прокладках

<i>Возможная причина</i>	<i>Способ устранения</i>
Проверить теченскателем, имеется ли недозарядка хладагента из-за утечки через сальник вала компрессора	Заменить сальник или прокладку
Масло имеется на корпусе компрессора, муфты или на нижней поверхности капота, над компрессором	Проверить уровень масла. Если имеется влага, заменить осушитель

16. Утечка в шлангах или арматуре

<i>Возможная причина</i>	<i>Способ устранения</i>
Проверить расстояние от выпускного коллектора	Установить шланги правильно
Проверить наличие прокладочных колец в изоляционной перегородке	Установить прокладочные кольца
Проверить укладку кабелей	Уложить кабели правильно
Проверить раструбные гнезда	Заменить шланг или арматуру
Проверить присоединение шланга	Заменить шланг

Правила безопасности

Необходимо соблюдать некоторые определенные меры предосторожности при обслуживании автомобильного кондиционера, так как эта работа осуществляется при работающем двигателе автомобиля.

1. Необходимо убедиться в том, что выхлопные газы выпускаются из помещения в атмосферу.

2. Запрещается трогать выпускной коллектор, чтобы предотвратить серьезные ожоги.

3. Запрещается оставлять инструменты на радиаторе или в других местах, откуда они могут упасть на вентилятор.

4. Необходимо соблюдать осторожность, чтобы руки, ноги или одежда не попали в приводные ремни и вентилятор.

5. Необходимо, чтобы инструменты и руки были возможно дальше от свечей зажигания из-за наличия в них высокого напряжения.

6. Запрещается снимать крышку с горловины теплого радиатора.

7. Шланги, присоединенные к манометрам, должны быть на определенном расстоянии от шкивов, ремней и вентиляторов.

8. Необходимо заблокировать колеса автомобиля, когда двигатель работает.

9. При работе с хладагентом необходимо надевать очки.

10. Вентилятор должен быть установлен в защитный кожух.

Выводы

Основная разница между транспортными и любыми другими системами кондиционирования воздуха заключается в способе комбинирования различных узлов, способе привода компрессора, быстром изменении температуры в салоне автомобиля, комплексной системе заслонок для регулирования потока воздуха в автомобиле.

Отопление в транспортных средствах осуществляется так же, как и при использовании водогрейного котла в жилом здании.

Холодильная система, используемая в автомобильных установках кондиционирования воздуха, та же, что и в любой системе кондиционирования воздуха.

Транспортная система кондиционирования воздуха состоит из следующих узлов: компрессора, электромагнитной муфты, конденсатора, ресивера-осушителя, регулирующего вентиля, испарителя, всасывающего регулирующего вентиля, предохранительного клапана высокого давления.

В транспортных системах используются салниковые компрессоры.

Электромагнитная муфта используется для включения и выключения компрессора в зависимости от сигнала термореле.

Электромагнитные муфты выпускаются двух типов: с неподвижным полем, с подвижным полем.

Конденсатор обычно монтируют впереди радиатора автомобиля.

В транспортных системах кондиционирования воздуха больше утечек хладагента, чем в других типах установок, из-за вибрации.

Терморегулирующий вентиль — самый распространенный тип регулятора потока хладагента в транспортных системах кондиционирования воздуха.

С помощью терморегулирующего вентиля регулируется поток хладагента в испаритель, быстро понижается давление хладагента при пуске, предотвращается высокое давление нагнетания во время стоянки и при низкой частоте вращения вала компрессора.

Дроссельный вентиль на всасывающей линии является пружинным вентилем, в котором имеются вакуумный сильфон и игольчатый клапан, расположенный внутри корпуса вентиля.

Регулятор давления в испарителе является дроссельным вентилем и монтируется вблизи компрессора. Он предназначен для предотвращения обмерзания испарителя посредством регулирования давления всасывания.

Реле температуры испарителя управляет электромагнитным вентилем, встроенным в регулятор. Регулятор или открыт, или полностью закрыт.

Узел регулятора в ресивере содержит терморегулирующий вентиль, дроссельный вентиль с управляющим устройством, ресивер-осушитель и смотровое стекло.

Узел регулятора в ресивере усовершенствован и называется регулятором в ресивере с уравниванием по давлению в испарителе. Уравнивающее отверстие в новом регуляторе предназначено для ускорения открытия регулирующего вентиля при определенных условиях.

Термореле устанавливается в салоне автомобиля и воспринимает температуру в испарителе. Сильфон термореле соединен с капиллярной трубкой, которая устанавливается между ребрами испарителя для регулирования температуры.

Термореле окружающей среды предназначено для предотвращения работы компрессора при низкой температуре наружного воздуха.

Реле перегрева устанавливается в полости компрессора и воспринимает температуру всасываемого пара, в результате чего может перегореть предохранитель в электроцепи к муфте компрессора.

Система защиты от недозарядки хладагентом содержит реле перегрева, плавкий предохранитель, регулятор системы кондиционирования воздуха и термореле окружающей среды.

Регулятор в сборе монтируют в салоне автомобиля. Рычагом регулятора температуры регулируют температуру воздуха посредством соответствующего расположения заслонки на пути потока в воздушном канале.

Выключатель вентилятора используют для регулирования потока воздуха посредством изменения частоты вращения двигателя вентилятора.

Система автоматического регулирования температуры управляет процессами нагрева и охлаждения. Цепочка чувствительных элементов системы состоит из термисторов, соединенных последовательно друг с другом.

Чувствительные элементы и селекторный переключатель присоединяют на входе усилителя напряжения. Усилитель создаст более высокое выходное напряжение.

Датчик является электромеханическим устройством, преобразующим электрический сигнал от усилителя в вакуумный сигнал, под действием которого работает силовой сервопривод.

Силовой сервопривод — это регулирующий узел системы. Он работает под действием сигнала от чувствительного элемента.

Универсальный автоматический анализатор регулирования температуры используют для замещения сопротивлений при соединении в электрическую схему автомобиля.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается основная разница между транспортной и другими системами кондиционирования воздуха?
2. В чем заключается назначение заслонок в транспортных кондиционерах?
3. Какой тип компрессора используется в транспортных системах кондиционирования воздуха?
4. Какие типы электромагнитных муфт используются в транспортных системах кондиционирования воздуха?
5. Что является причиной появления задиrow в электромагнитной муфте?
6. Как охлаждается конденсатор в транспортной системе кондиционирования воздуха?
7. Сколько требуется дополнительно холодильного агента в системе, когда используется ресивер-осушитель?
8. Для чего предназначен осушитель в ресивере-осушителе?
9. Какой регулятор потока является наиболее распространенным в транспортных системах кондиционирования воздуха?
10. Почему воздух охлаждается больше при уменьшении объема подаваемого воздуха?
11. Что означает понятие «затопленный испаритель»?
12. Что такое дроссельный вентиль на всасывающей линии?
13. Работой какого узла управляет реле температуры в испарителе?
14. Какие компоненты входят в узел регулятора в ресивере?
15. Дайте определение узлу регулятора в ресивере с уравниванием по давлению в испарителе.
16. Какое давление поддерживает в испарителе дроссельный вентиль с управляющим устройством?
17. Что необходимо сделать, если дроссельный вентиль с управляющим устройством в узле регулятора в ресивере с уравниванием по давлению в испарителе не работает нормально?
18. В чем заключается функция узла регулятора в ресивере с уравниванием по давлению в испарителе?
19. Какие два типа термореле наиболее распространены в автомобильных установках кондиционирования воздуха?
20. На какую уставку настраивают реле температуры окружающей среды?
21. Назначение реле перегрева.
22. При каких условиях перегорает вставка в плавком предохранителе?
23. Какой компонент заставляет срабатывать систему защиты от недозарядки холодильным агентом?

24. В чем заключаются три способа регулирования различных компонентов транспортной системы кондиционирования воздуха?
25. Что такое чувствительный элемент?
26. В чем заключается функция датчика?
27. Что регулирует силовой сервопривод?
28. Какие компоненты замещает автоматический анализатор регулирования температуры?
29. Какое разрежение необходимо создать при вакуумировании системы кондиционирования воздуха?
30. Какие средства можно использовать для определения нормальной зарядки системы хладагентом?

Термины

А

- Абсорбент.* Вещество, способное поглощать другое вещество.
Абсорбент жидкий. Жидкое химическое вещество, способное осаждать или поглощать другие среды.
Агент холодильный. Вещество, которое поглощает тепло при его кипении. Вообще, любое вещество, используемое в качестве среды для отвода тепла от другого тела.
Агенты холодильные галоидзамещенные. Группа синтетических холодильных агентов, содержащих галогены.
Агрегат. Узлы холодильной установки или установки, кондиционирования воздуха, собранные в один блок.
Агрегат компрессорно-конденсаторный. Расположен на стороне высокого давления. Состоит из компрессора, конденсатора, ресивера, вентилятора и электродвигателя, смонтированных на раме.
Агрегат для кондиционирования воздуха. Устройство, предназначенное для обработки воздуха; оно состоит из средств для вентиляции, циркуляции и очистки воздуха и передачи тепла. Его регулятор поддерживает температуру в заданном диапазоне.
Амперметр. Электрический измерительный прибор, имеющий шкалу в амперах и предназначенный для измерения тока в цепи.
Анализатор. Прибор для проверки состояния электрических узлов.
Анемометр. Прибор для измерения скорости потока воздуха.
Аппарат морозильный. Любое устройство для замораживания скоропортящихся продуктов.
Ареометр. Прибор, используемый для измерения удельной массы жидкости с помощью поплавка.
Аэрация. насыщение какого-либо вещества воздухом.

Б

Барометр. Прибор для измерения атмосферного давления.

В

- Вакуум.* Давление ниже атмосферного.
Вакуумирование. Удаление воздуха и влаги из холодильной системы.
Вентиль двухтемпературный. Вентиль, работающий в зависимости от давления всасывания в многоиспарительной холодильной установке для поддержания различных температур в испарителях.
Вентиль автоматический барорегулирующий. Регулятор потока, работающий под воздействием давления хладагента в испарителе.
Вентиль для выпуска неконденсирующихся газов. Вентиль для выпуска неконденсирующихся газов из конденсатора или ресивера.

Вентиль всасывающий. Двухходовой ручной вентиль, монтируемый на входе в компрессор и используемый при обслуживании.

Вентиль жидкостно-паровой. Двойной ручной вентиль, используемый в баллонах с холодильным агентом для выпуска парообразного или жидкого хладагента из баллона.

Вентиль запорный. Специальный вентиль, используемый только при перевозке, монтаже и обслуживании.

Вентиль зарядный. Вентиль, расположенный на жидкостном трубопроводе, обычно около ресивера. Хладагент заряжается в систему через данный вентиль.

Вентиль или клапан. Устройство, которое направляет поток среды.

Вентиль конденсатора запорный. Вентиль, расположенный на нагнетательном трубопроводе у входа в конденсатор.

Вентиль поплавковый. Вентиль, который приводится в действие поплавком в жидкостной камере.

Вентиль реверсивный. Вентиль, который реверсирует направление потока хладагента в зависимости от потребности в нагреве или охлаждении.

Вентиль регулирующий. Устройство в холодильной системе, в котором снижается давление хладагента.

Вентиль регулирующий автоматический. Регулятор потока хладагента, который поддерживает постоянное давление или температуру на стороне низкого давления системы.

Вентиль ресивера жидкостный. Одно- или двухходовой ручной вентиль, установленный на выходе ресивера и используемый для монтажа и эксплуатации.

Вентиль ручной запорный. Ручное устройство, которое останавливает поток среды в трубопроводе.

Вентиль терморегулирующий. Регулятор потока, работающий под воздействием температуры и давления хладагента в испарителе.

Вентиль двухходовой. Вентиль для регулирования потока с одним общим и двумя вспомогательными проходами.

Вентиль электромагнитный. Вентиль с электромагнитной катушкой и подвижным сердечником, который приводит в действие клапан.

Вентилятор. Встроенная крыльчатка, которая создает движение воздуха. Обычно этим термином обозначается любое устройство, которое создает движение воздуха.

Вентилятор испарителя. Вентилятор, который направляет воздух через испаритель.

Вентилятор конденсатора. Вентилятор, который обдувает конденсатор воздухом.

Вещество осушающее. Вещество, которое используется для сбора и удержания влаги, находящейся в холодильной системе. Наиболее распространенными являются алюмогель, силикагель и цеолит.

Влажность. Влага в воздухе.

Влажность абсолютная. Масса водяного пара в граммах, действительно содержащаяся в одном кубическом метре влажного воздуха.

Влажность относительная. Отношение влажности воздуха при данной температуре к абсолютной влажности насыщенного воздуха при той же температуре.

Воздух возвратный. Воздух, выходящий из кондиционируемого пространства и рециркулирующий в оборудовании для кондиционирования воздуха.

Воздух наружный. Воздух вне кондиционируемого пространства.

Воздух рециркулирующий. Возвратный воздух, который проходит через агрегат кондиционирования воздуха до рециркуляции в кондиционируемое пространство.

Воздухообмен. Кратность обмена воздуха в помещении за 1 ч с помощью механических средств или за счет инфильтрации наружного воздуха в помещение через трещины вокруг дверей, окон и др.

Воздухоочиститель. Устройство, предназначенное для удаления различных примесей из воздуха, таких, как пыль, копоть и дым. Воздухоочистителями являются мокрые кондиционеры и воздушные фильтры.

Выпрямитель электрический. Электрический прибор, преобразующий переменный ток в постоянный.

Г

Газ. Парообразное состояние вещества.

Газ дрессельный. Газ, являющийся результатом мгновенного кипения хладагента в устройстве для снижения давления. При этом остающийся хладагент охлаждается до температуры кипения, которая имеет место при пониженном давлении.

Газ неконденсирующийся. Любой газ, обычно в холодильной системе, который не конденсируется при температуре и давлении конденсации хладагента и поэтому создает более высокое давление нагнетания.

Газ перегретый. Газ, температура которого выше температуры кипения при данном давлении.

Галогены. Вещества, содержащие фтор, хлор, бром и йод.

Герц (Гц). Термин для обозначения количества электрических циклов в секунду.

Гигрометр. Прибор для измерения относительной влажности.

Гигрометр конденсационный. Прибор для измерения относительной влажности воздуха.

Гигроскопичность. Термин обозначает способность вещества поглощать и высвобождать влагу, и изменять его физические характеристики при изменении величины влагосодержания.

Глушитель. Устройство на трубопроводе горячего пара хладагента для глушения шума при пульсации хладагента во время работы компрессора.

Градирия. Устройство, которое охлаждает воду до температуры по влажному термометру посредством ее частичного испарения.

Градирия с естественной циркуляцией воздуха. Градирия, в которой создается естественный поток воздуха. Обычно обозначает градирию, в которой распыляемая теплая вода создает конвективный поток воздуха.

Градирия с всасывающим вентилятором. Градирия, в которой поток воздуха создается одним или несколькими вентиляторами, отсасывающими насыщенный воздух из градирии.

Д

Давление. Сила, действующая на единицу площади.

Давление абсолютное. Давление, являющееся суммой манометрического и атмосферного давлений.

Давление атмосферное. Давление, осуществляемое атмосферой Земли во всех направлениях и указываемое барометром. Стандартное атмосферное давление на уровне моря равно 0,101 МПа.

Давление в камере. Давление в камере поршневого компрессора.

Давление всасывания. Давление в линии всасывания. Соответствует давлению в испарителе.

Давление конденсации. Давление в линии нагнетания, при котором пар хладагента отдает скрытую теплоту парообразования и превращается в жидкость. Данное давление изменяется в зависимости от температуры окружающей среды.

Давление критическое. Хладагент в сжатом состоянии, при котором пар и жидкость имеют одинаковые физические свойства.

Давление манометрическое. Давление выше атмосферного. Манометрическое давление поэтому на 0,101 МПа ниже соответствующего абсолютного давления.

Давление масла. Разность давлений между сторонами нагнетания и всасывания масляного насоса компрессора.

Давление насыщения. Давление, при котором газ насыщается при любой обозначенной температуре.

Давление парциальное. Состояние, которое имеет место, когда два или большее количество газов занимают данное пространство и каждый газ создает часть общего давления.

Давление рабочее. Действительное давление, при котором система работает нормально.

Давление расчетное. Наивысшее предполагаемое во время нормальной работы давление.

Диаграмма энтальпия—давление. Диаграмма, показывающая соотношение между давлением, энтальпией и температурой хладагента.

Дифтормонохлорметан. Хладагент, известный как фреон-22 и обозначаемый R22. Химическая формула CHF_2Cl .

Дифтордихлорметан. Галондзамещенный углеводородный холодильный агент, обычно называемый фреон-12 и обозначаемый R12. Химическая формула CF_2Cl_2 .

Дифференциал. Разность между замыканием и размыканием контактов реле давления или температуры.

Деаэрация. Процесс отделения воздуха от вещества.

Дезодоратор. Устройство, которое абсорбирует или адсорбирует запахи. Для этой цели обычно используется активированный уголь.

Децибел. Единица интенсивности звука или шума.

Доска клапанная. Часть компрессора, которая содержит клапаны и отверстия и расположена между корпусом компрессора и крышкой цилиндра.

3

Зазор осевой. Незначительное перемещение вала вдоль осевой линии.

Закон Бойля. Если температура газа постоянная, то при увеличении его давления объем уменьшается; при снижении давления объем увеличивается.

Закон Дальтона. Давление, создаваемое в сосуде смесью газов, равно сумме парциальных давлений каждого из газов, содержащихся в смеси.

Закон Паскаля. Давление, оказываемое на среду, распространяется равномерно во всех направлениях.

Закон Шарля. Давление газа данной массы при постоянном объеме прямо пропорционально абсолютной температуре.

Залив. Состояние, при котором некоторое количество жидкого хладагента поступает в цилиндр компрессора, вызывая при этом стук.

Зарядка. Количество хладагента в системе, а также заправка системы хладагентом.

Зарядка жидкостная. Обычно относится к силовому элементу регуляторов температуры и терморегулирующих вентилей. Силовой элемент и дистанционный термобаллон иногда заполняются жидкостью, а не газом.

Зарядка испытательная. Количество пара хладагента, заряжаемого в холодильную систему для испытания на герметичность.

Зарядка на стороне высокого давления. Процесс введения жидкого хладагента на стороне высокого давления холодильной системы. Наиболее приемлемый способ введения хладагента в систему.

Зарядка на стороне низкого давления. Процесс зарядки хладагента в систему на стороне низкого давления. Обычно применяют для добавки небольшого количества хладагента после ремонта.

Зарядка рабочая. Частичная зарядка хладагента в холодильное оборудование после осушки и вакуумирования с целью транспортировки или испытания.

Заслонка. Воздухораспределительная решетка с заслонкой, устанавливаемая в конце воздуховода для соответствующего направления и регулирования потока воздуха.

Застывание масла. Состояние, при котором слой масла на поверхности жидкого холодильного агента может предотвратить его кипение при соответствующих давлении и температуре.

Змеевик переохлаждения. Дополнительный змеевик в испарительном конденсаторе. Обычно змеевик или петля, погруженные в бак с водой для орошения, в результате чего понижается температура жидкого хладагента, выходящего из конденсатора.

Зона комфортная. Диапазон эффективных температур, при которых большинство взрослых людей чувствуют себя удобно.

И

Изменение агрегатного состояния вещества. Переход вещества из одного агрегатного состояния в другое, например из жидкости в пар или из твердого состояния в жидкое.

Изотермический. Термин, описывающий изменение объема или давления в условиях постоянной температуры.

Ингибитор. Вещество, предотвращающее химическую реакцию, например коррозию или окисление металла.

Инфильтрация. Просачивание воздуха в здание или пространство.

Инфильтрация воздуха. Просачивание воздуха в здание через трещины и щели, а также двери, окна и другие отверстия под воздействием напора ветра или разности температур.

Испаритель. Часть холодильной системы, в которой холодильный агент кипит и отбирает тепло.

Испаритель необмерзающий. Испаритель, на поверхности которого никогда не аккумулируется иней или лед.

Испарение. Превращение жидкости в газ. При этом процессе поглощается наибольшее количество тепла.

К

Камера воздухораспределительная. Воздушное отделение, к которому присоединено большое количество воздухопроводов для распределения воздуха под давлением.

Камера обработки воздуха. Устройство, состоящее из вентилятора, теплопередающего элемента, фильтра и узлов системы распределения воздуха.

Камера предварительного охлаждения. Холодильная камера для отвода сухого тепла до перевозки, хранения или обработки продуктов.

Кипение. Превращение жидкости в пар. При этом процессе поглощается наибольшее количество тепла.

Клапан бессальниковый. Клапан, который не имеет сальникового уплотнения вокруг штока.

Клапан масла обратный. Обратный клапан, установленный между всасывающим трубопроводом и картером компрессора для возврата масла в картер. Клапан не выпускает масло из картера при пуске.

Клапан обратный. Клапан, пропускающий среду в одном направлении. Он закрывается при потоке среды в обратном направлении.

Клапан предохранительный. Клапан, который открывается при избыточно высоком давлении для безопасного выпуска хладагента, а также для быстрого снижения давления в сосуде.

Клапан регулирующий. Клапан, который регулирует поток среды, оказывающей влияние на процесс. Клапан регулируется дистанционно другими приборами, в которых используют в качестве привода пневматические, электрические или электрогидравлические устройства.

Клапан створчатый. Металлическая тонкая пластина, используемая в качестве всасывающего или нагнетательного клапана в холодильных компрессорах.

Клапан всасывающий. Клапан в компрессоре для выпуска пара в цилиндр.

Клапан нагнетательный. Клапан в компрессоре для выпуска пара из цилиндра.

Кожух. Кожух конденсатора, испарителя или вентилятора для увеличения потока воздуха.

Кожухозмеевиковый. Обозначение теплообменника, конденсатора и охладителя, состоящего из трубчатого змеевика, заключенного в кожух или корпус.

Кожухотрубный. Обозначение теплообменника, конденсатора и охладителя, состоящего из пучка труб в кожухе.

Колесо рабочее. Вращающаяся часть насоса, создающая поток воды.

Коллектор. Отрезок трубы достаточной длины для переноса общего количества среды, подаваемой через несколько присоединенных труб; используется для подачи среды к различным точкам назначения.

Компрессор. Механизм, используемый для повышения давления хладагента.

Компрессор герметичный. Агрегат, в котором компрессор и электродвигатель герметично встроены внутри одного кожуха. Электродвигатель работает в атмосфере хладагента.

Компрессор полугерметичный (бессальниковый). Герметичный компрессор, имеющий разъемы. Его можно обслуживать на месте эксплуатации.

Компрессор ротационный. Механизм, который перекачивает среду посредством вращения.

Компрессор ротационный пластинчатый. Ротационный компрессор, в котором используются подвижные пластины.

Компрессор сальниковый. Компрессор с внешним приводом.

Компрессор центробежный. Насос, в котором используется центробежная сила для сжатия парообразных хладагентов.

Конвекция. Передача тепла посредством циркуляции жидкости или газа, например воздуха. Когда это происходит естественным путем, причиной является разность массы более горячей и более холодной среды.

Конвекция естественная. Движение среды, создаваемое разностью температур.

Конвекция принудительная. Движение среды под действием механизма, например вентилятора или насоса.

Конденсатор. Трубный аппарат, в котором посредством отвода тепла сжигается парообразный хладагент. Также электрический прибор, способный аккумулировать электрическую энергию.

Конденсатор испарительный. Конденсатор для отвода тепла от пара хладагента посредством использования эффекта охлаждения испаряющейся воды.

Конденсатор кожуховый. Конденсатор, в котором наружный корпус шкафа используют для передачи тепла. Обычно применяется в домашних холодильниках.

Конденсатор с водяным охлаждением. Конденсатор, охлаждаемый водой, а не воздухом.

Конденсатор электролитический. Пластина или поверхность, способная накапливать малые электрические заряды.

Кондиционер оконный. Автономный кондиционер, монтируемый в окне для охлаждения данного пространства.

Кондиционирование воздуха. Одновременное регулирование температуры, влажности, движения и распределения воздуха в помещении. Для обеспечения комфортных условий осуществляется очистка воздуха от пыли, бактерий и запахов.

Коэффициент подачи. Соотношение между действительной и расчетной объемной производительностью компрессора.

Коэффициент теплопередачи. Количество тепла, передаваемого от воздуха к воздуху за 1 ч через 1 м² стены, пола, крыши или потолок при разности температур в 1 °С по обе стороны стены, пола, крыши или потолка.

Л

Лед сухой. Сжатая двуокись углерода.

Линия возврата масла. Линия, по которой масло, собранное маслоотделителем, возвращается в картер компрессора.

Линия горячих паров хладагента. Линия, по которой горячий сжатый пар подается из компрессора в испаритель для его оттаивания.

Линия для горячего пара обводная. Соединение стороны нагнетания непосредственно со стороной всасывания компрессора. Иногда используется для регулирования производительности.

Ловушка масляная. Устройство в самой нижней части трубопровода хладагента, где собирается масло. Также механическое устройство для удаления унесенного масла.

Льдогенератор автоматический. Холодильный агрегат, предназначенный для автоматического производства определенного количества льда.

М

Мановакуумметр. Прибор для измерения давления выше и ниже атмосферного. Обычно используется для измерения давления на стороне всасывания.

Манометр. Прибор для измерения давления выше атмосферного.

Манометр масляный. Прибор, показывающий давление масла, созданное внутри холодильного компрессора.

Масло для смазки компрессора. Высококачественное масло для смазки холодильных компрессоров.

Масло осушенное. Смазочное масло, из которого влага удалена до приемлемого уровня.

Масло унесенное. Капли масла, унесенные высокоскоростным потоком паробразного хладагента.

Маслоотделитель. Устройство, которое отделяет масло от хладагента и возвращает его в картер компрессора.

Механизм исполнительный. Часть регулирующего вентиля, которая превращает тепловую или электрическую энергию в механическое движение для открытия или закрытия клапана, вентиля, заслонки и др.

Мешалка. Устройство, используемое для образования движения жидкости, находящейся в емкости.

Микровакуумметр. Точный прибор для измерения вакуума, близкого к абсолютному.

Муфта. Механическое устройство, предназначенное для соединения труб.

Муфта электромагнитная. Шкив, который приводится в действие электромагнетизмом, для включения или выключения привода компрессора.

Н

Нагрев повторный. Нагрев воздуха после осушки в испарителе, если температура воздуха слишком низкая.

Нагрев радиационный. Система нагрева, в которой нагревающие поверхности излучают тепло непосредственно в кондиционируемое пространство.

Нагреватель прокладочного элемента. Электрический нагревательный элемент, расположенный внутри прокладочного элемента для предотвращения его запотевания.

Нагрузка. Требуемая интенсивность отвода тепла. Тепло, подаваемое в единицу времени в холодильную систему.

Нагрузка тепловая. Количество тепла в ваттах, которое необходимо отвести единицей оборудования в течение 24 ч.

Напор. Единица давления, обычно выражаемая в метрах водяного столба.

Напор статический. Давление, вызываемое массой жидкости в вертикальном столбе или, в более общем выражении, сопротивление из-за высоты напора.

Насос. Любая машина для нагнетания среды через трубы от одной точки до другой.

Насос вакуумный. Насос для вакуумирования системы.

Насос высоковакуумный. Вакуумный насос, способный создать вакуум в диапазоне от 1000 до 1 микрона.

Насос масляный. Механизм для принудительной смазки компрессора.

Насос тепловой. Компрессионная система, используемая для подачи тепла в пространство посредством реверсирования цикла охлаждения.

Насос центробежный. Насос, который создает скорость потока среды посредством центробежной силы.

Неопрен. Синтетическая резина, стойкая к холодильным агентам и маслам.

О

Обмерзание всасывающей магистрали. Выброс жидкого хладагента из испарителя во всасывающий трубопровод. Это состояние может и не сопровождаться отложением инея.

Обмотка пусковая. Обмотка электродвигателя, которая используется в течение короткого времени при пуске для обеспечения дополнительного крутящего момента в течение этого времени.

Обмотка рабочая. Электрическая обмотка в электродвигателе, через которую проходит ток во время нормальной работы электродвигателя.

Обработка воды. Обработка воды химическими веществами для снижения образования накипи или для изменения других нежелательных характеристик.

Образование ледяной пробки и обмерзание. Образование льда в клапане регулирующего прибора в результате наличия влаги в системе. Также образование слоя инея на испарителе, который снижает поток воздуха между ребрами.

Объем удельный. Объем на единицу массы. Обычно выражается в м³/кг.

Объем цилиндров компрессора рабочий. Объем, образуемый площадью днища поршня, умноженный на длину хода поршня.

Ограничитель. Устройство для ограничения потока газа или жидкости.

Ограничитель давления. Устройство, которое остается в закрытом состоянии до достижения заданного давления, а затем открывается для выпуска среды в другую часть системы.

Омеднение. Ненормальное положение, которое существует при наличии влаги в холодильной системе и является результатом электролитического отложения меди на стальных деталях.

Осушение. Удаление воды или влаги из атмосферы; удаление водяного пара или влаги из любого материала.

Осушитель. Устройство, предназначенное для снижения влагосодержания проходящего через него воздуха, а также для удаления влаги из хладагента.

Осушитель-ресивер. Небольшой сосуд, который служит в качестве ресивера жидкости. Он содержит также осушающее вещество для удаления влаги из хладагента и используется в автомобильных системах кондиционирования воздуха.

Отделитель жидкости. Устройство, которое установлено на всасывающей линии для предотвращения попадания жидкого хладагента в компрессор после его кипения в испарителе.

Отделение машинное. Помещение, где располагается все холодильное оборудование, кроме испарителя.

Отстой масляный. Обычно это густое, грязевое вещество, образованное из загрязненного масла.

Оттаивание электрообогревом. Способ оттаивания испарителя посредством электрического нагрева поверхности.

Оттаивание автоматическое. Способ автоматического удаления инея с испарителя.

Оттаивание горячими парами хладагента. Способ оттаивания испарителя посредством использования горячего нагретаемого пара.

Оттаивание реверсивным циклом. Способ реверсирования потока хладагента через испаритель с целью оттаивания.

Оттаивание. Удаление отложения инея с испарителя.

Охладитель. Теплообменник, в котором тепло передается от одного вещества к другому.

Охлаждение. Процесс отвода тепла из огражденного пространства и поддержание в данном пространстве температуры ниже температуры окружающей среды.

Охлаждение комфортное. Охлаждение для создания комфортных условий (в противоположность охлаждению для хранения пищевых продуктов).

Охлаждение машинное. Термин обычно используется для того, чтобы отличить компрессионную систему от абсорбционной.

П

Падение давления. Снижение давления из-за трения или высоты напора.

Пар. Среда в газообразном состоянии, образующаяся при испарении жидкости.

Пар водяной. Вода, нагретая до парообразного состояния.

Пар горячий. Пар хладагента на выходе из компрессора.

Пар насыщенный. Пар в таком состоянии, когда он конденсируется в капли жидкости при снижении его температуры.

Пароизоляция. Лист тонкой пластмассы, металлическая фольга или другой материал, закладываемый в конструкцию для предотвращения проникновения водяного пара в теплоизоляцию.

Парообразование. Превращение жидкости в пар.

Пенообразование. Образование пены в камере в результате поглощения маслом жидкого хладагента и быстрого охлаждения. Это чаще всего происходит при пуске компрессора.

Пенополиуретан. Теплоизоляция, которая вспенивается между наружным корпусом и внутренней обшивкой холодильного шкафа.

Перегрев. Повышение температуры пара хладагента выше температуры насыщения или выше температуры кипения.

Перегорание двигателя. Короткое замыкание обмоток, при котором изоляция электродвигателя разрушилась из-за перегрева.

Переохлаждение. Охлаждение жидкого холодильного агента ниже температуры конденсации.

Петля масляная. Петля, устанавливаемая в низу вертикального трубопровода для того, чтобы заставить масло подниматься вверх по трубопроводу.

Поверхность основная. Поверхность охлаждения, у которой охлаждающая среда находится с одной стороны, а воздух или ребренная поверхность находится — с другой.

Поддон для сбора талой воды. Поддон или желоб для сбора талой воды с испарителя.

Пенополистирол. Пластмасса, используемая для теплоизоляции холодильных шкафов.

Поток воздуха набегающий. Воздух, подаваемый через радиатор и конденсатор при движении автомобиля по дороге.

Прибор. Термин, используемый широко для обозначения устройства, предназначенного для измерения, записи, показания и регулирования.

Прилавок-витрина с двумя отделениями для хранения и демонстрации продуктов. Охлаждаемый прилавок-витрина, в котором часть пространства используется для хранения, а другая часть — для демонстрации продуктов.

Прилавок-витрина открытого типа. Торговое холодильное оборудование, предназначенное для хранения продуктов при заданной температуре, несмотря на то, что оно не закрыто.

Примесь. Вещество, например грязь, влага или другие включения, которые являются посторонними для хладагента или масла в системе.

Приспособление блокировочное. Устройство, предотвращающее работу определенных частей системы кондиционирования воздуха или холодильной системы, когда другие части данной системы не работают.

Притирка. Обработка металлической поверхности до высокой степени чистоты посредством мелкозернистого абразива. Обычно притирают клапаны компрессора и уплотнение вала.

Пробка предохранительная. Устройство, которое выпускает содержимое из своего сосуда для предотвращения разрыва при возникновении опасных давления или температуры.

Пробка предохранительная плавкая. Устройство, которое используют в баллонах для хладагента. Пробка плавится при высокой температуре для предотвращения избыточного давления во избежание разрыва баллона.

Продувка. Выпуск примесей и неконденсирующихся газов из системы в атмосферу.

Производительность. Производительность холодильного агрегата — это теплопередающая способность в единицу времени. Обычно измеряется в Вт (кВт).

Прокладка. Упругий или гибкий материал, который помещается между сопрягаемыми поверхностями для создания герметичного уплотнения.

Прокладка магнитная. Резиновый материал, внутри которого имеются небольшие магниты для удержания двери в закрытом состоянии.

Пространство мертвое. Пространство в цилиндре над поршнем в конце хода сжатия.

Психрометр. Прибор для измерения относительной влажности воздуха.

Р

Радиация. Теплопередача через пространство посредством волнового движения.

Расвальцовка. Расширение одного конца трубы для того, чтобы конец другой трубы этого же диаметра вошел внутрь первой трубы.

Раструб. Расширение на конце медной трубы, используемое для соединения трубы с арматурой или с другой трубой. Обычно имеет угол 90°.

Расходомер. Прибор для измерения скорости или объема потока среды.

Расширение и сжатие изотермическое. Расширение и сжатие, которые происходят без изменения температуры.

Регулирование плавное. Тип системы регулирования, который создается регулирующим вентилем или двигателем, регулирующим поток воздуха, пара или воды в зависимости от изменений условий в регуляторе. Регулятор срабатывает при незначительных колебаниях среды.

Регулятор. Любое устройство, используемое для ручного или автоматического регулирования нормально работающей машины. Обычно реагирует на температуру или давление.

Регулятор безопасности. Устройство, которое отключает подачу электрического тока, когда чувствительный элемент воспринимает ненормальное состояние.

Регулятор влажности. Любой автоматический регулятор, чувствительный к влажности, и используемый для автоматического регулирования относительной влажности.

Регулятор давления. Регулятор, который поддерживает постоянное давление на выходе из него независимо от колебаний давления на входной стороне регулятора.

Регулятор давления в испарителе. Автоматический регулятор давления, установленный на всасывающем трубопроводе для поддержания заданного давления и температуры в испарителе.

Реле давления нагнетания. Реле давления, которое размыкает электрическую цепь, когда давление нагнетания превышает заданный уровень.

Регулятор двигателя. Устройство для пуска и остановки электродвигателя или герметичного компрессора со встроенным электродвигателем при определенных температуре или давлении.

Регулятор с дистанционным датчиком. Регулятор, у которого чувствительный элемент установлен отдельно от исполнительного механизма.

Регулятор давления масла. Устройство, которое выключает компрессор, когда давление масла понижается ниже заданного уровня.

Регулятор оттаивания. Устройство, используемое для регулирования работы компрессора и оттаивания инея с испарителя.

Регулятор оттаивания с термодиском. Электрический регулятор с биметаллическим диском, который срабатывает при изменении температуры.

Регулятор давления конденсации. Устройство, которое регулирует поток воды через конденсатор в зависимости от давления конденсации.

Регулятор подачи хладагента. Регулятор, который управляет потоком хладагента, поступающего со стороны высокого давления на сторону низкого давления холодильной системы, а также поддерживает разность давлений во время работы агрегата.

Регулятор, срабатывающий в зависимости от высоты над уровнем моря. Устройство, которое поддерживает постоянное давление на стороне всасывания независимо от высоты над уровнем моря.

Регулятор тяги. Прибор для поддержания требуемой тяги в вентиляционной трубе.

Реле времени. Часовой механизм для размыкания и замыкания электрической цепи по заданному времени.

Реле времени оттаивания. Устройство, включающее цикл оттаивания и удерживающее его в рабочем состоянии до тех пор, пока весь иней на испарителе не оттаяет.

Реле выдержки времени. Реле, срабатывающее в заданное время.

Реле высокого давления. Электрическое реле, которое работает под действием давления на стороне нагнетания системы и автоматически размыкает электрическую цепь при достижении заданного давления.

Реле давления. Реле, срабатывающее при повышении или понижении давления.

Реле низкого давления. Реле на стороне низкого давления холодильной системы, контакты которого размыкаются для остановки компрессора при понижении давления.

Реле перегрева. Тепловой прибор, в котором контакты размыкаются, когда величина тока, проходящего через обмотку двигателя, превышает предельную величину за определенное время.

Реле пусковое. Электрический переключатель для включения и выключения пусковой обмотки электродвигателя.

Реле температуры воздуха. Реле, которое срабатывает под влиянием температуры воздуха. Термобаллон помещается в потоке воздуха.

Реле тепловое. Реле, которое под воздействием тепла размыкает или замыкает пусковую цепь к электродвигателю.

Реле управления. Электромагнитный прибор, в котором контакты открываются или закрываются при подаче тока к его катушке.

Ремень клиновой. Тип ремня, который обычно используется в холодильной технике для передачи мощности от электродвигателя к приводному механизму.

Ресивер жидкости. Емкость, соединенная с выходным патрубком конденсатора и используемая для хранения жидкого хладагента.

Ресивер-осушитель. Сосуд в автомобильной системе кондиционирования воздуха для хранения и осушения жидкого хладагента. Содержит также некоторое количество осушителя для обезвоживания хладагента.

Решетка воздухораспределительная. Перфорированная решетка на отверстии впуска или выпуска воздуха.

С

Сервомеханизм. Сервомеханизм — это электрическое, гидравлическое или пневматическое устройство малой мощности, которое управляет работой более сложного и мощного исполнительного механизма.

Сжатие адиабатическое. Сжатие газа без добавления или отвода тепла.

Силикагель. Абсорбирующее химическое вещество, используемое для осушения от влаги. При нагреве влага высвобождается, и вещество можно использовать вторично.

Система агрегатированная. Комбинированная система нагрева и охлаждения, которая собирается на заводе в один агрегат и обычно предназначена для кондиционирования воздуха в одной комнате или помещении.

Система дистанционная. Холодильная система, в которой компрессорно-конденсаторный агрегат установлен вне кондиционируемого пространства.

Система непосредственного охлаждения с затопленным испарителем. Система, в которой хладагент поступает в испаритель через регулирующий вентиль и испаритель частично заполнен жидким хладагентом.

Система с сухим испарителем. Холодильная система, в испарителе которой имеются только капли хладагента.

Скорость движения потока парообразного хладагента оптимальная. Интенсивность движения пара хладагента, при которой масляный туман захватывается и возвращается в компрессор.

Смазка принудительная. Система смазки, в которой используется насос для принудительной подачи масла к поверхностям движущихся частей. Также способ смазки движущихся частей посредством разбрызгивания масла в картере.

Смешиваемость. Способность нескольких веществ смешиваться друг с другом.

Состояние кислотное. Состояние, при котором хладагент и масло в системе загрязнены другими жидкостями, являющимися кислотами по своей природе.

Стекло жидкостной линии смотровое. Стекланный глазок на жидкостной линии для визуального контроля за потоком жидкого хладагента. Используется в основном для обнаружения пузырьков в жидкости, что указывает на недостаточное количество хладагента в системе. Называется также указателем потока жидкости.

Степень сжатия. Отношение абсолютного давления нагнетания к абсолютному давлению всасывания.

Сторона высокого давления. Часть холодильной системы, которая содержит хладагент высокого давления. В нее входит компрессорно-конденсаторный агрегат, который состоит из электродвигателя, компрессора, конденсатора и ресивера, смонтированных на одной раме.

Сторона низкого давления. Состоит из частей холодильной системы, в которых давление хладагента соответствует давлению в испарителе.

Сублимация. Превращение твердого вещества в парообразное без промежуточной жидкой фазы.

Т

Таблица психрометрическая. Графическое изображение свойств смеси воздуха и водяного пара.

Таблицы холодильных агентов. Таблицы, в которых указаны свойства насыщенных хладагентов при различных температурах.

Температура всасывания. Температура пара хладагента на входе в компрессор.

Температура кипения. Температура, при которой жидкость кипит при данном давлении.

Температура конденсации. Температура внутри конденсатора, при которой парообразный хладагент отдает скрытую теплоту парообразования и превращается в жидкость. Эта температура меняется в зависимости от давления.

Температура критическая. Температура, выше которой пар не сжижается.

Температура нагнетания. Температура пара на выходе из компрессора.

Температура насыщения. Температура кипения хладагента при данном давлении. В холодильной технике — это температура в испарителе.

Температура окружающей среды. Температура воздуха вокруг рассматриваемого объекта.

Температура по влажному термометру. Температура воздуха, измеренная термометром, шарик которого покрыт влажным фитилем.

Температура по сухому термометру. Действительная температура воздуха, указываемая любым термометром, без влияния влагосодержания воздуха.

Тепло сухое. Тепло, вызывающее изменение температуры вещества, но не меняющее его агрегатное состояние.

Теплоизоляция. Материал, характеризующийся высоким сопротивлением тепловому потоку.

Теплообменник. Любое устройство, которое отводит тепло от одного вещества и добавляет его к другому.

Теплопередача. Движение тепла от одного тела к другому. Тепло передается радиацией, проводимостью или конвекцией.

Теплопритоки. Поток тепла через вещество при наличии разности температур.

Теплота конденсации скрытая. Теплота, отводимая от пара для превращения его в жидкость без изменения температуры.

Теплота пара. Энтальпия пара, или теплота, требуемая для повышения температуры жидкости от заданного уровня до точки кипения, плюс скрытая теплота парообразования, требуемые для превращения жидкости в пар.

Теплота парообразования /скрытая. Количество тепла, требуемое для превращения жидкости в пар без изменения температуры.

Теплота плавления. Количество тепла, требуемое для превращения твердого тела в жидкость или жидкости в твердое тело без изменения температуры. Называется также скрытой теплотой плавления.

Теплота плавления водного льда скрытая. Количество тепла, поглощаемого 1 кг таящего льда при 0 °С.

Теплота сжатия. Тепло, создаваемое в компрессоре при сжатии газа, например в холодильной системе.

Теплота солнечной радиации. Тепло, создаваемое лучами.

Термистор. Полупроводник, электрическое сопротивление которого изменяется в зависимости от температуры.

Термометр сухой. Термометр, используемый для измерения температуры окружающей среды.

Термобаллон дистанционный. Часть терморегулирующего вентиля. Дистанционный термобаллон воспринимает температуру всасываемого газа в точке крепления его к всасываемому трубопроводу. При любом изменении в перегреве всасываемого газа в точке крепления термобаллона клапан вентиля перемещается для восстановления перегрева до заданного уровня.

Термореле. Прибор регулирования работы оборудования в зависимости от изменения температуры.

Термореле двухпозиционное. Термореле для размыкания или замыкания электрической цепи при изменении температуры.

Течеискатель. Прибор, используемый для обнаружения утечки хладагента; обычно это галогенная лампа, или электронный течеискатель. Для обнаружения утечки хладагента может быть использована мыльная пена.

Течеискатель галогидный. Прибор, используемый для обнаружения утечки хладагента из системы. Горелка имеет источник топлива, смесительную камеру, реактивную пластину и трубку. Реактивная пластина находится вокруг пламени. Когда открытый конец поисковой трубки находится вблизи утечки хладагента, его часть всасывается в смесительную камеру и пламя меняет свой цвет.

Течеискатель электронный. Электронный прибор, который реагирует на наличие пара хладагента. Изменение потока электронов указывает на наличие утечки.

Точка росы. Температура воздуха, при которой водяной пар начинает конденсироваться. Обычно это 100 %-ная относительная влажность.

Точка росы аппарата. Точка росы воздуха, выходящего из испарителя кондиционера.

Трубопровод всасывающий. Трубопровод, по которому пар хладагента подается из испарителя в компрессор.

Трубопровод жидкостный. Трубопровод, по которому жидкий хладагент подается из ресивера или конденсатора-ресивера в испаритель.

Трубопровод нагнетательный. Трубопровод, по которому сжатый пар хладагента подается из компрессора в конденсатор.

У

Увлажнитель. Устройство, используемое для добавления пара в воздух или в любой материал.

Указатель жидкости. Устройство со смотровым стеклом, установленное на жидкостном трубопроводе для наблюдения за потоком жидкого хладагента.

Указатель уровня масла визуальный. Глазок в картере компрессора, который позволяет осуществлять визуальное наблюдение за уровнем масла в картере.

Уплотнение сальниковое. Упругий непроницаемый материал, помещаемый вокруг штока вентиля для предотвращения утечки хладагента.

Уплотнение компрессора сальниковое. Устройство, которое предотвращает утечку хладагента между колесчатым валом и корпусом сальникового компрессора.

Уровень масла. Уровень в картере компрессора, на котором должно быть масло для обеспечения нормальной смазки.

Условия стандартные. Условия, используемые в качестве основы для расчета установок кондиционирования воздуха, а именно: температура 20 °С, давление 0,1 МПа и относительная влажность 30 %.

Установка кондиционирования воздуха автономная. Кондиционер, содержащий компрессорно-конденсаторный агрегат, испаритель, вентиляторный агрегат и все регуляторы внутри корпуса.

Установка многоиспарительная холодильная. Холодильная установка, в которой несколько испарителей соединены с одним компрессорно-конденсаторным агрегатом.

Установка раздельная. Холодильная установка, или установка кондиционирования воздуха, у которой компрессорно-конденсаторный агрегат смонтирован отдельно от испарителя.

Устройство для защиты от перегрузки. Устройство, предназначенное для выключения электродвигателя при возникновении опасной перегрузки.

Устройство дроссельное. Суженное поперечное сечение трубы, в котором создается сопротивление или перепад давлений в холодильной системе.

Устройство зарядное. Специально сконструированное устройство с манометрами, вентилями и баллоном с хладагентом, используемое для вакуумирования и зарядки хладагента и масла в систему.

Ф

Фильтр. Устройство, предназначенное для удаления из системы твердых частиц посредством фильтрования.

Фильтр жидкостный. Фильтр тонкой очистки для удаления посторонних примесей из хладагента.

Фильтр масляный. Устройство в компрессоре для удаления посторонних примесей из масла в картере до того, как оно достигнет поверхности подшипников.

Х

Холодопроизводительность удельная. Отношение отведенного холодильной системой тепла в единицу времени к потребляемой мощности.

Хранение холодильное. Процесс хранения скоропортящихся продуктов посредством охлаждения.

Холодопроизводительность. Интенсивность отвода тепла системой. Обычно выражается в Вт.

Ц

Цикл холодильный. Работа холодильной машины, при которой выполняются четыре основные функции: сжатие, конденсация, дросселирование и кипение хладагента.

Цикл замкнутый. Любой цикл, в котором повторно используется хладагент.

Цикл короткий. Частые пуск и остановка установки. Короткая рабочая и нерабочая части цикла.

Цикл оттаивания. Цикл, при котором иней на испарителе тает.

Цикл рабочий. Последовательность операций при автоматическом регулировании для постоянного поддержания требуемых условий.

Ч

Часть цикла нерабочая. Время, когда оборудование, в частности холодильная установка, не работает.

Часть цикла рабочая. Время, когда оборудование, в частности холодильное, работает.

Ш

Шатун. Деталь, соединяющая коленчатый вал с поршнем в холодильном компрессоре.

Шкаф для хранения мороженого холодильный. Торговый холодильный шкаф с температурой в объеме приблизительно -18°C для хранения мороженого.

Шкаф с необмерзающим испарителем домашний холодильный. Домашний холодильный шкаф с заданным периодом оттаивания.

Шкаф с необмерзающим испарителем торговый холодильный. Низкотемпературный холодильный шкаф, в котором иней не аккумулируется ни на поверхностях испарителя, ни на хранящихся продуктах.

Штуцер. Устройство, которое позволяет осуществить быстрое и легкое присоединение трубопровода хладагента к какому-либо узлу холодильной установки.

Э

Эвтектика. Определенная смесь двух веществ, обеспечивающая минимальную температуру плавления из всех вариантов смешения данных двух веществ.

Эксцентрик. Диск, установленный эксцентрично на валу. Используется для создания возвратно-поступательного движения.

Электродвигатель. Устройство, которое превращает электрическую энергию в механическую.

Электродвигатель однофазный. Электродвигатель, который работает на однофазном переменном токе.

Электродвигатель с конденсаторным пуском. Асинхронный электродвигатель с раздельными обмотками. Подобен электродвигателю с расщепленной фазой, за исключением того, что электродвигатель с конденсаторным пуском имеет электрический конденсатор, соединенный с пусковой обмоткой для обеспечения дополнительного крутящего момента.

Электродвигатель с конденсаторным пуском и работой. Подобен электродвигателю с конденсаторным пуском, за исключением того, что конденсатор и пусковая обмотка остаются включенными в цепь постоянно.

Электродвигатель с расщепленной фазой. Электродвигатель с двумя обмотками, которые используются при пуске. Одна обмотка разъединяется

центробежным переключателем при достижении двигателем заданной частоты вращения, после чего двигатель работает на одной обмотке.

Электродвигатель с экранированным полюсом. Небольшой асинхронный электродвигатель с экранированным полюсом, имеющий очень низкий пусковой момент.

Электродвигатель универсальный. Электродвигатель, предназначенный для работы на переменном или постоянном токе.

Элемент силовой. Чувствительный элемент реле температуры.

Энтальпия. Количество тепла, поглощаемое хладагентом при повышении температуры последнего от заданного уровня до конечного состояния. При изменении агрегатного состояния поглощается скрытая теплота. Также сумма сухого и скрытого тепла в веществе.

Энтропия. Энергия, имеющаяся в системе. Это математический коэффициент, используемый в инженерных расчетах.

Я

Якорь. Часть электрического двигателя или генератора, которая приводится в движение под действием магнетизма.

Предметный указатель

А

Агенты холодильные 168, 175, 176, 177, 178
влияние давления на температуру кипения 170
давление кипения 172
давление конденсации 172
зарядка 313
критическая температура 170
определение нормальной зарядки 315
смешиваемость с маслом 179, 193
скрытая теплота парообразования 172
Амперметр бесконтактный 199
Анализатор
герметичного компрессора 203
реле напряжения 203
Аппаратура вспомогательная 152
Арматура присоединительная 25
с запрессовкой конусной втулки 28
с уплотнительной кольцевой прокладкой 28

Б

Баллоны для зарядки хладагентом 36, 191
Блок для зарядки и определения давления 33

В

Вентиль
автоматический барорегулирующий
назначение 111
настройка 112
перепускной 116
факторы, влияющие на производительность 118
эксплуатационные возможности 113
байпасный 320
водорегулирующий 94, 165
компрессора 161
ручной регулирующий 109
терморегулирующий 118, 119
возможные неполадки и способы их устранения 146
заполнители дистанционного термобаллона 128

изменение уставки перегрева 125
определение перегрева 121
расположение и монтаж термобаллона 126
с ограничением давления 131
уравнивание 129
условия эксплуатации 131
термоэлектрический регулирующий 137, 138, 140
проверка работы 144
рекомендации по монтажу и испытанию 141
электромагнитный 162
прямого действия 163
с управляющим устройством 163
Вольт-ваттметр 200
Вольтметр 197

Г

Газы неконденсирующиеся 92
Гасители вибрации 159
Глушители на стороне нагнетания 160

И

Инструмент специальный ручной 29
для гибки труб 32
для пережима труб 32
для разборки труб 30
для удаления заусенцев 32
Испаритель
влияние разности температур на осушку воздуха 104
домашнего холодильника 240
затопленный 99
исполнение 99
обмерзание 104
оттаивание 105
передача тепла 100
расчет передачи тепла 102
сухой 99
теплопроводность 102
факторы, влияющие на конструкцию 103

К

Камеры малые холодильные 297

двери 298
Клапан обратный 165
Компрессоры
возврат масла 346
двухступенчатые 312
домашнего холодильника 240
конструкция узлов 58
коэффициент подачи 308
КПД 309
мертвый объем 73
охлажденные 74
перегрев 311
поршневые 45
регулирование давления в картере 325
регулирование производительности 322
регуляторы 437
ротационные 46
центробежные 51
факторы, влияющие на производительность 74
Конденсаторы 78
водяные 86
воздушные 78
домашнего холодильника 241
испарительные 89
кожухотрубные 87
производительность 90
противоток охлаждающей воды 89
расположение 93
Конденсаторы электрические 208
замена 220
Кондиционеры комнатные 275
проверка производительности 276
проверка термореле 278
условия эксплуатации 278
Кондиционирование воздуха 371
воздушные каналы 412
диаграмма психрометрическая 389
изменение энтальпии 389
источники тепла 395
компоненты системы 424—437
монтаж системы в автомобиле 445
на транспорте 423
оборудование системы 416
определение 371
работа транспортной системы 423
разность температур 398
распределение воздуха 375
расчет воздушных каналов 414
температура расчетная 399
тепло сухое 390
теплота скрытая 391
терминология 380
технология зарядки системы хладагентом 449
условия комфортные 371, 373
установки автономные 418
установки раздельные 418
Контактор 230

Л

Льдогенераторы торговые 363

М

Маслоотделители 156
выбор размера 158
назначение 157
работа 157
Материалы для пайки 37
Микроманометр 201
Милливольтметр 201

О

Оборудование холодильное
бытовое 235
торговое 296
классификация систем 337

методы регенерации тепла 342
с системой двухступенчатой низкотемпературной 307
с системой одноступенчатой низкотемпературной 305
системы параллельно соединенные 336
системы регенерации тепла 341
трубопроводы 345, 350, 353, 356, 360, 361
Омметр 198
Осушители 154
Отделители жидкости 153

П

Переохладители жидкого хладагента 313
Подогреватели картера компрессора 161
Приборы контрольно-измерительные 195
выбор 196
ремонт 196
уход 196
Прилавок-витрина 300
открытый низкотемпературный 302
открытый среднетемпературный 300
с двумя отделениями 300
характеристики эксплуатационные 302
Приспособление для очистки капиллярных трубок 36
Психрометр 203
Пускатель 231

Р

Размыкатель центробежный электродвигателя 212
Разность температур при конденсации 91
Распределители хладагента 134
Регулятор
давления 318
поплавокный высокого давления 109
поплавокный низкого давления 109
потока хладагента 109
назначение 109
теория работы 109
типы 109
Реле
времени оттаивания 230
высокого давления 229
давления 228
для пуска в тяжелых условиях 225
контроля смазки 229
оттаивания 331
полупроводниковое пусковое 224
тепловое 222
токовое пусковое 221
Ресиверы жидкостные 95

С

Сальник вала компрессора 66
вращающийся 69
мембранный 68
с набивкой 67
сильфонный 67
Системы оттаивания 327
Смазка компрессора 64
Соединение труб 39
Соединения шланговые 27
Степень сжатия 71

Т

Температура конденсации 91
Теплообменники 159
Термины 457—472
Термореле 228
Тестер для измерения температуры 200
Теческатель электронный 202
Трубки капиллярные 134
Труборезы 29

Трубы
алюминиевые 25
гибкие резиновые 25
из нержавеющей стали 25
медные 22
стальные 24

У

Установки холодильные
с автоматическим барорегулирующим
вентилем 19
с затопленным испарителем 15
с капиллярной трубкой 18
с поплавковым регулятором высокого
давления 17
с поплавковым регулятором низкого дав-
ления 16
с сухим испарителем 15
с терморегулирующим вентилем 20
Устройство для настройки термореле 202

Ф

Фильтры 155

Х

Холодильник домашний
вакуумирование 263
возможные неполадки и способы их ус-
транения 248
зарядка хладагента 257, 264
корпус 235
пароизоляция 236
проверка герметичности системы 262
проверка работы 246
реле температуры 245
ремонт герметичного агрегата 246
системы оттаивания 243

система холодильная 239
схемы электрические 273
таблица стандартная диагностики об-
служивания 283
теплоизоляция 236
установка 238

Ц

Цикл холодильный 13, 304
Цилиндр для зарядки хладагентом 37

Ч

Частота вращения вала компрессора 63

Ш

Шкафы холодильные 299
Шланги гибкие для зарядки 35

Э

Электродвигатели
внутренняя защита от перегрузки 217
двухскоростные 212
наружная защита от перегрузки 218
однофазные конденсаторные 213
определение расположения клемм 219
проверка 218
с конденсаторным пуском 212
с конденсаторным пуском и работой
214
с расцепленной фазой 211
с экранированными полюсами 215
теория 205
Элементы присоединительные
для вальцованных соединений 27
для паяных соединений 27

Оглавление

Предисловие к русскому изданию	5
Предисловие	8

Глава 1. КОМПРЕССИОННЫЕ ХОЛОДИЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

Охлаждение при кипении	10
Принцип действия компрессонной установки	12
Простая компрессонная холодильная установка	12
Холодильный цикл	13
Типы холодильных установок	15
Правила безопасности	20
Выводы	20
Контрольные вопросы	21

Глава 2. ТРУБЫ, АРМАТУРА И РУЧНОЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Трубы	22
Присоединительная арматура	25
Специальный ручной инструмент	29
Материалы для пайки	37
Соединение труб	39
Правила безопасности	41
Выводы	42
Контрольные вопросы	43

Глава 3. КОМПРЕССОРЫ

Типы компрессоров	45
Конструкции различных узлов компрессора	58
Частота вращения вала компрессора	63
Смазка компрессора	64
Сальник вала компрессора	66
Рабочий объем компрессора	71
Степень сжатия	71
Мертвый объем	73
Охлаждение компрессора	74
Факторы, влияющие на производительность компрессора	74
Правила безопасности	76
Выводы	76
Контрольные вопросы	77

Глава 4. КОНДЕНСАТОРЫ И РЕСИВЕРЫ

Назначение	78
Типы конденсаторов	78
Противоток охлаждающей воды	89

Производительность конденсатора	90
Температура конденсации	91
Разность температур при конденсации	91
Неконденсирующиеся газы	92
Очистка конденсатора	93
Расположение конденсатора	93
Водорегулирующие вентили	94
Жидкостные ресиверы	95
Правила безопасности	96
Выводы	97
Контрольные вопросы	98

Глава 5. ИСПАРИТЕЛИ

Типы испарителей	99
Исполнение испарителей	99
Передача тепла в испарителях	100
Теплопроводность испарителя	102
Расчет передачи тепла	102
Интенсивность передачи тепла	103
Факторы, влияющие на конструкцию испарителя	103
Влияние разности температур на осушку воздуха	104
Обмерзание испарителя	104
Оттаивание испарителя	105
Правила безопасности	105
Выводы	106
Контрольные вопросы	107

Глава 6. РЕГУЛЯТОРЫ ПОТОКА ХЛАДАГЕНТА ДЛЯ ПИТАНИЯ ИСПАРИТЕЛЕЙ

Назначение	108
Типы регуляторов потока	109
Теория работы регуляторов	109
Автоматические барорегулирующие вентили	111
Терморегулирующие вентили	118
Капиллярные трубки	134
Термоэлектрические регулирующие вентили	137
Правила безопасности	145
Выводы	150
Контрольные вопросы	151

Глава 7. ВСПОМОГАТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА

Отделители жидкости	153
Осушители	153
Фильтр на стороне всасывания	155
Фильтр-осушитель на стороне всасывания	155
Грубые фильтры	155
Указатель наличия жидкого хладагента и влаги	155
Маслоотделители	156
Теплообменники	158
Гасители вибрации	159
Глушители на стороне нагнетания	160
Подогреватели картера	161
Вентили компрессора	161
Электромагнитные вентили	162
Обратные клапаны	165

Водорегулирующие вентили	165
Правила безопасности	166
Выводы	166
Контрольные вопросы	167

Глава 8. ХОЛОДИЛЬНЫЕ АГЕНТЫ

Характеристика хладагентов	169
Влияние давления на температуру кипения	170
Критическая температура	170
Стандартные условия	171
Давление конденсации	172
Давление кипения	172
Скрытая теплота парообразования	174
Применяемые хладагенты	175
Смешиваемость хладагента и масла	179
Таблицы хладагентов	186
Баллоны для хладагентов	191
Смазочное масло	193
Правила безопасности	193
Выводы	194
Контрольные вопросы	195

Глава 9. КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Вольтметр	197
Омметр	198
Бесконтактный амперметр	199
Вольт-ваттметр	200
Прибор для испытания конденсатора	200
Тестер для измерения температуры	200
Микроманометр	201
Милливольтметр	201
Электронный теченскагель	201
Устройство для настройки термореле	202
Анализатор для герметичного компрессора	202
Анализатор реле напряжения	203
Психрометр	203
Правила безопасности	203
Выводы	204
Контрольные вопросы	205

Глава 10. ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ И РЕГУЛЯТОРЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ

Теория электродвигателя	205
Конденсаторы	208
Двигатели с расщепленной фазой	211
Двигатели с конденсаторным пуском	212
Двухскоростные двигатели	212
Центробежный размыкатель	212
Однофазные конденсаторные двигатели с постоянно расщепленной фазой	213
Двигатели с конденсаторным пуском и работой	214
Двигатели с экранированными полюсами	215
Приборы защиты однофазных двигателей	215
Проверка однофазных двигателей	218
Пусковые реле	221
Термореле	228

Реле давления	228
Реле контроля смазки	229
Реле времени оттаивания	230
Контакты и пускатели	230
Правила безопасности	232
Выводы	232
Контрольные вопросы	234

Глава 11. БЫТОВОЕ ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Корпус домашнего холодильника	235
Установка холодильника	238
Холодильная система домашнего холодильника	239
Работа домашнего холодильника	241
Ремонт герметичного агрегата	246
Домашний холодильник для хранения пищевых продуктов, приготовления прохладительных напитков, кубикового льда и охлаждения воды	265
Электрические схемы домашнего холодильника	273
Комнатные кондиционеры	275
Правила безопасности	281
Выводы	281
Контрольные вопросы	294

Глава 12. ТОРГОВОЕ ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Требования к торговому холодильному оборудованию	296
Малые холодильные камеры	297
Холодильные шкафы	298
Прилавки-витрины	300
Способы передачи тепла	304
Холодильный цикл	304
Одноступенчатые низкотемпературные системы	305
Двухступенчатые низкотемпературные системы	307
Зарядка холодильных систем торгового оборудования	313
Регулятор давления перед компрессором	318
Регулятор давления в испарителе	319
Регулятор давления воздушного конденсатора	320
Байпасный вентиль с перепуском со стороны высокого давления на сторону низкого давления	320
Байпасный вентиль воздушного конденсатора	321
Регулирование производительности	322
Регулирование низкого давления в картере компрессора	325
Системы оттаивания торгового холодильного оборудования	327
Реле оттаивания	331
Параллельно соединенные (комбинированные) системы	336
Системы регенерации тепла	341
Трубопроводы в торговом холодильном оборудовании	345
Торговые льдогенераторы	363
Правила безопасности	366
Выводы	366
Контрольные вопросы	369

Глава 13. КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА

Определение	371
Комфортные условия	371
Условия, влияющие на комфортное состояние	373
Распределение воздуха	375
Терминология по кондиционированию воздуха	380
Психрометрическая диаграмма	384

Расчет тепловой нагрузки	394
Расчет воздушных каналов	414
Оборудование для кондиционирования воздуха	416
Типы систем кондиционирования воздуха	418
Правила безопасности	419
Выводы	419
Контрольные вопросы	422

Глава 14. КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА НА ТРАНСПОРТЕ

Работа транспортной системы кондиционирования воздуха	423
Основные компоненты	424
Регуляторы компрессора	437
Регулятор температуры в салоне автомобиля	440
Универсальный автоматический анализатор и регулятор температуры	445
Монтаж автомобильного кондиционера	445
Вакуумирование и зарядка автомобильного кондиционера	447
Правила безопасности	454
Выводы	455
Контрольные вопросы	456
Термины	457
Предметный указатель	472

Б. К. ЛЭНГЛИ

**Холодильная техника и кондиционирование
воздуха**

Редактор **С. И. Яковлева**
Художник **М. В. Носов**
Художественный редактор **Е. К. Селикова**
Технический редактор **Т. С. Пронченкова**
Корректоры **Т. М. Родичева, Н. П. Багма**

Сдано в набор 24.03.81. Подписано в печать 2.09.81. Формат 60×90/16. Бумага типографская № 1. Гарнитура шрифта литературная. Печать высокая. 30,0 п. л. Усл.-печ. л. 30. Усл. л. кр.-отт. 30. Уч.-изд. л. 33,71. Тираж 10 000 экз. Заказ № 816. Цена 2 р. 60 к.

ИБ № 1290

Издательство «Легкая и пищевая промышленность»,
113035, Москва, М-35, 1-й Кадашевский пер, д. 12.

Ленинградская типография № 4 ордена Трудового
Красного Знамени Ленинградского объединения
«Техническая книга» им. Евгении Соколовой Союз-
полиграфпрома при Государственном комитете СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной тор-
говли. 191126, Ленинград, Социалистическая ул., 14.