

Б. К. Лэнгли

**Холодильная техника и
кондиционирование воздуха**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 62-63
ББК 30.6
Л92

Л92 **Лэнгли Б.К.**
Холодильная техника и кондиционирование воздуха / Б. К. Лэнгли – М.:
Книга по Требованию, 2020. – 478 с.

ISBN 978-5-458-29731-8

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.

ISBN 978-5-458-29731-8

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2020

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2020

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

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. Текстовый 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 Вэлз компани» — 172, 173; «Гоулд инк., Вэлз 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; «*Мекенл Рефриджерейшн Энтерпрайзс*» — 181, 188; 189; «*Парагон Электрик корп.*» — 291, 292, 296; «*Паркер — Ханнифин, Рефриджерейшн энд Эйр Кондишининг дивижн*» — 15; «*Пеклес Индастриз*» — 97, 98, 163; «*Пени 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 Вэлв 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; «*Эйрсерко Манюфекчуриг компани*» — 182, 183, 184; «*Эмерсон Электрик ко., Алко Контроулз дивижн*» — 118, 119, 120, 153; «*Эмхарт Индастриз, инк., Хилл Рефриджерейшн дивижн*» — 269; «*Эрроу — Харт, 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 холодильнике. При этом лед поглощает тепло от продуктов, а также проникающее через стенки холодильника 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 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, 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

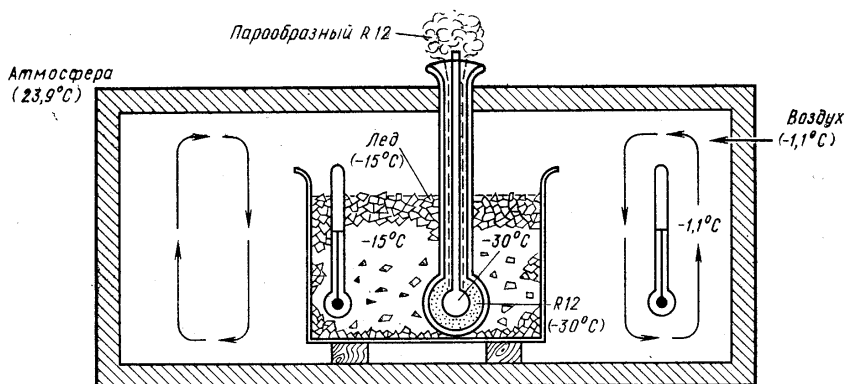


Рис. 1. Процесс охлаждения при кипении хладагента в изотермическом шкафу при температуре окружающей среды 23,9 °С.

при постоянных температуре (-30°C) и атмосферном давлении ($1,01 \cdot 10^5$ Па). Когда хладагент поглотит достаточное количество теплоты, он начинает бурно кипеть. Температура R12 остается равной -30°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.

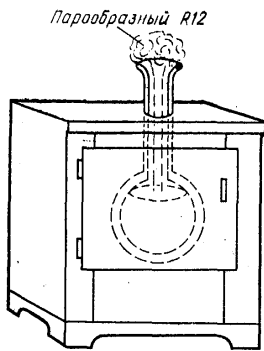


Рис. 2. Простой холодильный шкаф.

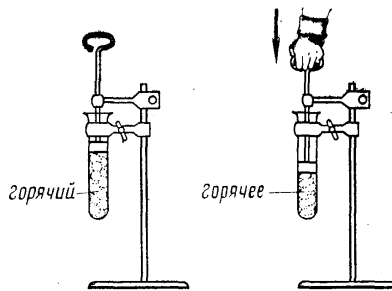


Рис. 3. Принцип сжатия.

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.

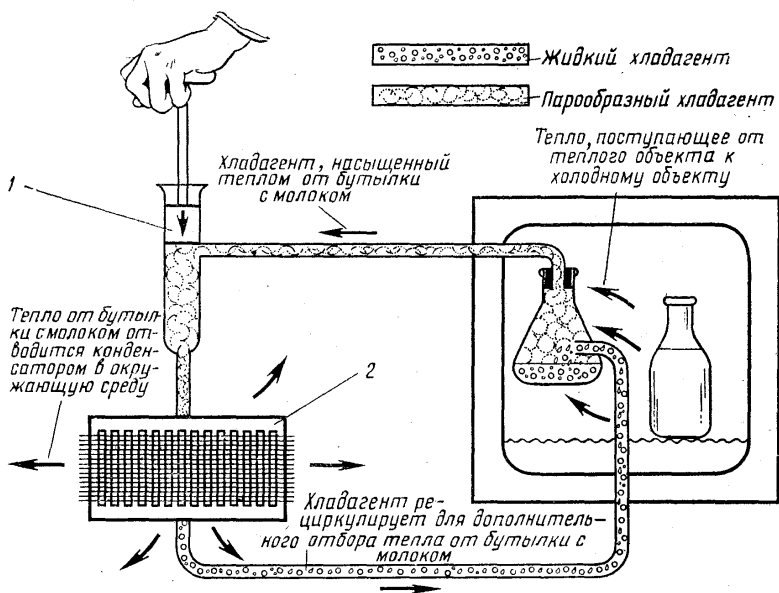


Рис. 4. Простая компрессионная холодильная установка:
1 — насос; 2 — конденсатор.

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 давлениях и температурах, 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.

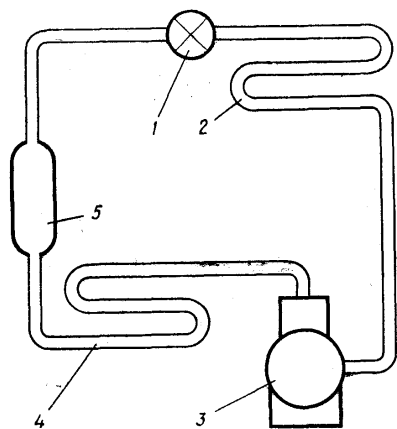


Рис. 5. Компрессионная холодильная установка:

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

Теплый жидкий агент высокого давления при входе в испаритель попадает в область низкого давления, которое создается компрессором и регулятором потока. Хладагент стремится расшириться. 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.



Рис. 6. Схема сторон высокого и низкого давлений.

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.

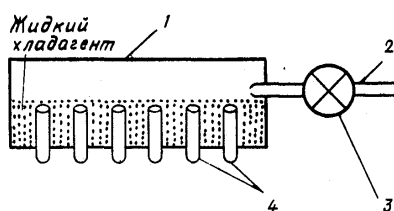


Рис. 7. Затопленный испаритель:
1 — испаритель; 2 — жидкостный трубопровод; 3 — регулятор потока; 4 — трубы испарителя.

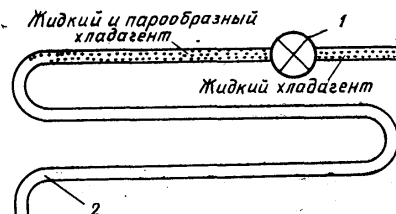


Рис. 8. Сухой испаритель:
1 — регулятор потока; 2 — испаритель.

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.

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

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.

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

При понижении уровня жидкости низкого давления поплавок 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-