

**А. В. АНТИПОВ
И. А. ДУБРОВИН**

МОНТАЖ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ХЛАДОНОВЫХ УСТАНОВОК

Рекомендовано
Федеральным государственным учреждением
«Федеральный институт развития образования»
в качестве учебного пособия для использования
в учебном процессе образовательных учреждений,
реализующих программы среднего
профессионального образования
и профессиональной подготовки



Москва
Издательский центр «Академия»
2009

УДК 614.842.6(075.9)
ББК 38.96я75
А721

Серия «Непрерывное профессиональное образование»

Рецензенты:

генеральный директор ООО «ТК Базис Групп» *А.А.Кириллов*;
преподаватель специальных дисциплин
Технологического колледжа № 28 г. Москвы *В.М.Жданов*

Антипов А. В.

А721 Монтаж и эксплуатация хладоновых установок : учеб. пособие /
А. В. Антипов, И. А. Дубровин. — М. : Издательский центр «Академия»,
2009. — 64 с.

ISBN 978-5-7695-5302-8

В учебном пособии предлагается применение компетентностного подхода к подготовке электромехаников холодильного оборудования.

Рассмотрены типы холодильных установок, их основные устройства и механизмы, используемые в них хладагенты и масла, монтаж холодильного оборудования и техническое освидетельствование его систем, а также правила эксплуатации холодильных машин и камер, их приборов автоматики и контроля. Освещены вопросы экономики и управления производством по монтажу и эксплуатации хладоновых установок.

Для подготовки и переподготовки работников по профессиям «Монтажник оборудования холодильных установок» и «Машинист холодильных установок». Может быть использовано в образовательных учреждениях среднего профессионального образования.

УДК 614.842.6(075.9)

Учебное издание

ББК 38.96я75

Антипов Алексей Васильевич, Дубровин Игорь Александрович
Монтаж и эксплуатация хладоновых установок

Учебное пособие

Редактор *О. В. Круглов*. Художественный редактор *Л. В. Жебровская*
Дизайн серии: *К. А. Крюков*. Компьютерная верстка: *С. Б. Фёдорова*
Корректоры *С. Ю. Богачёва, В. Ф. Белезницкая, Н. В. Савельева*

Изд. № 101110198. Подписано в печать 16.06.2009. Формат 70×100/16. Гарнитура «Школьная».
Печать офсетная. Бумага офс. № 1. Усл. печ. л. 5,2. Тираж 2 000 экз. Заказ №

Издательский центр «Академия». www.academia-moscow.ru
Санитарно-эпидемиологическое заключение № 77.99.02.953.Д.004796.07.04 от 20.07.2004.
129085, Москва, пр-т Мира, 101В, стр. 1, а/я 48. Тел./факс: (495) 648-0507, 616-0029.

Отпечатано с электронных носителей издательства.
ОАО «Тверской полиграфический комбинат», 170024, г. Тверь, пр-т Ленина, 5.
Телефон: (4822) 44-52-03, 44-50-34. Телефон/факс: (4822) 44-42-15.
Home page - www.tverpk.ru Электронная почта (E-mail) - sales@tverpk.ru

*Оригинал-макет данного издания является собственностью
Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом
без согласия правообладателя запрещается*

© Антипов А. В., Дубровин И. А., 2009
© Образовательно-издательский центр «Академия», 2009
© Оформление. Издательский центр «Академия», 2009

ISBN 978-5-7695-5302-8

К читателю

Монтажник оборудования хладоновых холодильных установок и машинист хладоновых холодильных установок — специалисты, профессия которых требует глубоких знаний принципов работы и устройства холодильных установок, физических процессов, происходящих при функционировании систем и агрегатов холодильного оборудования, правил безопасной эксплуатации этого вида холодильных установок.

Данное учебное пособие направлено на совершенствование профессиональных навыков специалистов по монтажу, эксплуатации и техническому обслуживанию холодильных установок.

Благодаря учебному пособию вы будете **знать**:

- требования, предъявляемые к смазочным материалам и хладагентам современных холодильных установок;
- особенности функционирования компрессионных холодильных машин;
- классификацию, достоинства и недостатки основных типов холодильных агрегатов и устройств;
- особенности монтажа составных частей холодильных установок;
- правила эффективной и безопасной эксплуатации холодильного оборудования.

Благодаря учебному пособию вы будете **уметь**:

- выполнять монтаж, испытания и наладку агрегатов, устройств и трубопроводов холодильных установок;
- эксплуатировать холодильные установки в оптимальном режиме работы;
- определять причины возникновения неполадок в работе холодильных установок, устранять типовые неисправности холодильных машин;
- квалифицированно эксплуатировать камерные охлаждающие приборы;
- осуществлять техническое обслуживание приборов автоматики и контроля современных холодильных установок.

1

Холодильные установки

1.1

Основные определения

Холодильная машина — комплекс теплообменных аппаратов и устройств, необходимых в рабочем цикле для отвода тепла при низкой температуре от охлаждаемого тела и передачи этого тепла в окружающую среду с более высокой температурой.

В зависимости от способа реализации цикла холодильные машины подразделяются на несколько типов: компрессионные, сорбционные, струйные, термоэлектрические и др. В связи с тем что при хранении пищевых продуктов используются только парокомпрессионные холодильные машины, далее будет рассмотрена только эта техника.

К основным элементам компрессионных холодильных машин относятся компрессоры и теплообменные аппараты: конденсаторы, испарители, перегреватели, переохладители и др.

Холодильная машина и вспомогательные элементы (ресивер, маслоотделитель, маслосборник, насосы и др.), осуществляющие процессы получения искусственного холода, образуют в совокупности **холодильную установку**.

По типу хладагента торговые холодильные установки подразделяются на аммиачные и хладоновые. В данном пособии рассматриваются вопросы, касающиеся только хладоновых холодильных установок. Поэтому под термином «холодильные установки» понимаются «хладоновые установки».

1.2

Требования, предъявляемые к хладагентам

Хладагентом (сокращение от слов «холодильный агент») принято называть рабочее вещество с низкой температурой кипения (испарения), с помощью которого осуществляется охлаждение в холодильном оборудовании.

В компрессионных холодильных машинах применяют разные марки хладагентов. В России действует Международный стандарт (МС) ИСО 817 «Органические хладагенты». Стандарт допускает несколько обозначений хлад-

агентов: условное (символическое), торговое название (марка), химическое название, химическая формула. При этом условное обозначение хладагентов является предпочтительным и состоит из символа R и определяющего числа. Например, хладон 12 имеет обозначение R12, хладон 22 — R22.

К хладагентам предъявляют термодинамические, физико-химические, физиологические и экономические требования.

К **термодинамическим требованиям** относят минусовую температуру кипения при атмосферном давлении, низкое давление конденсации, высокую объемную холодопроизводительность, высокий коэффициент теплопроводности и теплопередачи.

Физико-химическими требованиями к хладагентам являются: малая плотность и вязкость, обеспечивающие незначительное сопротивление хладагента при циркуляции в агрегате; химическая пассивность к металлам, материалам изоляции обмоточных проводов электродвигателя; химическая стойкость; негорючесть; малая способность проникать через неплотности; способность растворять воду и т. д.

Хладагенты должны быть безвредными для здоровья человека (**физиологическое требование**) и иметь низкую стоимость (**экономическое требование**).

Наиболее приемлемым для торговых холодильных установок остается R22. Однако R22 содержит хлор, а потому является экологически опасным, подлежащим постепенной замене на экологически безопасный.

В качестве альтернативы R22 предлагается R407C — неазеотропная смесь газов R32/R125/R134a. Неазеотропная смесь отличается от азеотропного R22 тем, что циркулирует по системе отдельно, не смешиваясь, и при утечках неизвестно, сколько и какого газа ушло. Поэтому холодильные системы с неазеотропными газами нельзя дозаправлять. Весь остаток газа необходимо удалять и заправлять каждый раз новую порцию смеси.

1.3

Масла, используемые в компрессионных холодильных машинах

В торговых холодильных машинах применяют минеральные и синтетические масла. Но минеральные масла не смешиваются с рядом современных многокомпонентных хладагентов, поэтому их использование с новыми хладагентами не допускается. Синтетические и полусинтетические масла обеспечивают более высокую степень растворимости в сочетании с рабочими хладагентами.

К синтетическим маслам относятся: алкилбензолные, полиалкилгликольские, полиэфирные (POE), полиальфаолефиновые и др. Однако использование этих масел требует особенно тщательного внимания для обеспечения долговременной работы оборудования. В частности, необходим жесткий контроль за концентрацией влаги в системе.

Синтетическое масло очень гигроскопично, что оказывает сильное влияние на его химическую устойчивость.

Для удаления остаточной влаги из системы применяется вакуумирование до давления 1,3 Па и ниже. Это возможно только с помощью двухступенчатых вакуумных насосов.

На практике контроль уровня остаточной влаги в системе осуществляется по индикатору влажности через смотровое стекло.

1.4

Материалы, используемые в фильтрах-осушителях

Фильтр-осушитель, обладающий высокой способностью влагопоглощения, быстро и эффективно удаляет воду из холодильной системы.

Осушители с молекулярным ситом являются более эффективными в удалении влаги из системы, чем осушители с оксидом алюминия.

Осушители со 100%-ным молекулярным ситом не имеют способности к поглощению кислоты. У осушителей с оксидом алюминия такая возможность есть, однако оксид алюминия обладает способностью вступать в реакцию с жидким хладагентом. В том случае, если содержание кислоты в системе станет слишком высоким, наиболее эффективным средством снижения ее концентрации является применение дополнительного фильтра-осушителя на линии всасывания временной установки, который полностью состоит из активированного оксида алюминия (антикислотного фильтра), что позволит фильтру-осушителю жидкостной линии максимально использовать возможности молекулярного сита.

Оксид алюминия может служить катализатором процесса гидролиза смазки на основе POE, создавая органическую кислоту, по мере того как вода и смазка поглощаются открытыми порами окиси алюминия. Однако при условии, что фильтр не является насыщенным, эти кислоты могут оставаться связанными с самим осушителем после их образования.

Фильтры-осушители, которые содержат окись алюминия, могут отделять противоизносные присадки из масел определенных составов.

ASERCOM, Всемирная ассоциация производителей холодильных компрессоров, рекомендует состав фильтров-осушителей, где присутствует не менее 70 % молекулярного сита и не более 30 % активированного оксида алюминия. Использование для этих целей силикатного геля не рекомендуется.

Внимание! Масла различных фирм имеют различные антикислотные и противоизносные добавки, поэтому их нельзя смешивать, даже если они одинаковы по свойствам. Синтетическое масло в сочетании с минеральным маслом теряет смешиваемость с фреоном, поэтому даже манометры, не говоря о заправочных шлангах и емкостях для масла, необходимо иметь под каждый тип масла и хладагента.

В компрессионных холодильных машинах последовательно происходят процессы сжатия хладагента в компрессоре и его последующего расширения. Хладагент в процессе работы холодильной машины изменяет свое агрегатное состояние: кипит при низких значениях температуры и давления и конденсируется при высоких температурах и давлениях. Смены фазовых состояний хладагента циклически повторяются, что обеспечивает непрерывный процесс подавления теплопритоков в холодильную камеру.

Для того чтобы холодильная машина осуществляла и с к у с с т в е н н у ю передачу энергии из среды с низкой температурой в среду с высокой температурой, необходимо создать условия естественной передачи теплоты в теплообменных аппаратах с помощью хладагентов. Теплообменные аппараты, в которых хладагент забирает теплоту из охлаждаемой среды, называют *испарителями*. Теплообменники, в которых хладагент отдает теплоту в окружающую среду, называют *конденсаторами*.

Схема компрессионной холодильной машины показана на рис. 1.1.

Перегретый пар хладагента отдает теплоту во внешнюю среду в конденсаторе, сохраняя в процессе сжижения постоянные значения давления конденсации p_k и температуры конденсации t_k ; при этом температура конденсации выше температуры окружающей среды t_n , $t_k = t_n + 10 \dots 15 \text{ }^\circ\text{C}$.

Жидкий хладагент далее снижает свое давление и температуру до значений давления кипения p_o и температуры кипения t_o в *терморегулирующем (дресселирующем) вентиле* (ТРВ), частично при этом испаряясь. Полный же переход жидкости в пар происходит в испарителе; этим самым начинается новый цикл в непрерывном процессе работы холодильной машины.

В схему могут включаться дополнительные элементы, повышающие надежность работы основных узлов холодильной машины: перегреватель пара перед компрессором и переохладитель жидкости после конденсатора.

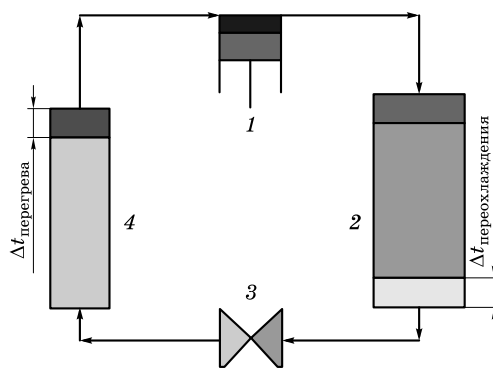


Рис. 1.1. Схема компрессионной холодильной машины:

1 — компрессор; 2 — конденсатор; 3 — дросселирующее устройство; 4 — испаритель

Перегреватель пара позволяет доиспарить капли хладагента, сохранившиеся в потоке пара после испарителя, и тем самым обеспечить защиту компрессора.

Переохладитель жидкости исключает присутствие в потоке пузырьков пара, снижающих устойчивость рабочего процесса в ТРВ.

Оба процесса могут происходить в одном аппарате — **регенеративном теплообменнике**.

ТРВ поддерживает на требуемом уровне температуру перегрева пара перед компрессором путем управления количеством хладагента, проходящего через испаритель.

Для расчета циклов и определения значений параметров хладагента в холодильной машине используют диаграммы состояния с координатами $\lg p - i$ (рис. 1.2). На рабочее поле диаграммы $\lg p - i$ нанесены линии различных термодинамических параметров: $t = \text{const}$ (изотермы), $p = \text{const}$ (изобары), $s = \text{const}$ (адиабаты). Определяющую роль на диаграмме играют две пограничные кривые: левая характеризует состояние насыщенной жидкости (на ней степень сухости пара $x = 0$), а правая — состояние сухого насыщенного пара ($x = 1$). Между пограничными кривыми находится область кипения и конденсации (влажного пара) II. Левая пограничная кривая отделяет область влажного пара от области переохлажденной жидкости I, а правая — от области перегретого пара III. Обе пограничные линии сходятся в критической точке K .

Рассмотрим цикл одноступенчатой компрессионной холодильной машины (рис. 1.2, линии 1-1'-2'-2-3-3'-4'-4). Его построение начинают с нанесения изобар $p_0 = \text{const}$ и $p_k = \text{const}$, отвечающих изотермам t_0 и t_k в области двухфазных состояний. Для цикла характерно, что компрессор всасывает из испарителя перегретый пар (точка 1') и адиабатически (по линии $s = \text{const}$) сжимает его до давления в конденсаторе p_k (процесс 1'-2'). При этом пары

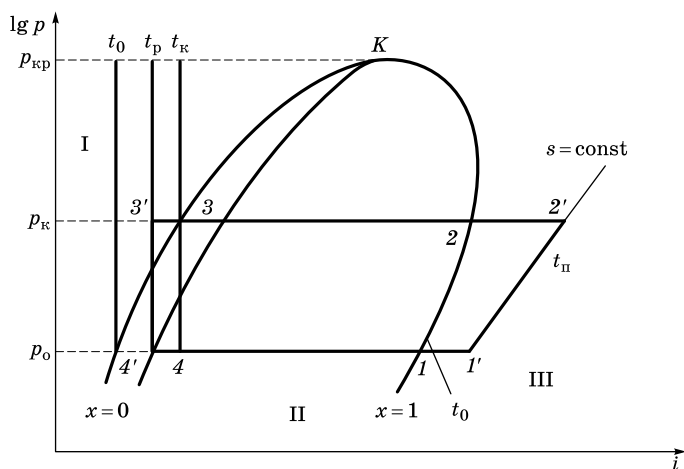


Рис. 1.2. Цикл одноступенчатой паровой компрессионной холодильной машины

хладагента нагреваются за счет механической энергии (работы) до температуры t_n (перегрев сжатия).

Перегретые горячие пары хладагента по трубопроводу нагнетаются компрессором в конденсатор, где у них сначала снимается перегрев (процесс 2'-2), а затем начинается конденсация при постоянных давлении p_k и температуре t_k , завершающаяся в точке 3; при этом хладагент отдает энергию в окружающую среду. После конденсации в воздушном конденсаторе происходит процесс переохлаждения до температуры t_p , на 1...7 °С (процесс 3-3'). Далее жидкий хладагент поступает в терморегулирующий вентиль, где его давление снижается от высокого p_k до низкого p_o (изоэнтальпийный процесс дросселирования 3'-4'); в конечной точке расширения устанавливается температура t_o , а часть жидкости превращается в пар. Полученная парожидкостная смесь направляется в испаритель, где жидкий хладагент кипит при постоянных p_o и t_o (изобарный и одновременно изотермический процесс 4'-1), отнимая теплоту от охлаждаемого объекта. При этом ТРВ обеспечивает такое количество хладагента, чтобы в испарителе он полностью превратился в пар и перегрелся на 4...12 °С. Образующиеся пары хладагента отсасываются компрессором, и цикл повторяется. Создавая в испарителе низкое давление, компрессор, таким образом, поддерживает непрерывное кипение хладагента в испарителе за счет отвода теплоты от воздуха.

1.6 Компрессоры

Компрессор — один из главных элементов холодильной машины. Компрессор всасывает пар хладагента, затем сжимает его, повышая температуру (до 120...190 °С) и давление (до 15...25 атм), а затем направляет парообразный хладагент к конденсатору.

Основные характеристики компрессора — степень компрессии (сжатия) и объем хладагента, который он может нагнетать. Степень компрессии (сжатия) — это отношение давления конденсации к давлению всасывания.

В холодильных машинах используют компрессоры двух типов:

- поршневые компрессоры с возвратно-поступательным движением поршней в цилиндрах;
- ротационные, спиральные и винтовые — с вращательным движением рабочих частей.

Основные модификации поршневых компрессоров (отличаются конструкцией, типом двигателя и назначением): герметичные компрессоры; бесальниковые компрессоры; сальниковые компрессоры.

Герметичные компрессоры используются в холодильных машинах небольшой мощности (1,5...35 кВт). Электродвигатель расположен внутри герметич-

ного корпуса компрессора. Охлаждение электродвигателя производится самим всасываемым хладагентом. Температура хладагента при охлаждении электродвигателя герметичного компрессора повышается на 40 °С.

Бессальниковые компрессоры используются в холодильных машинах средней мощности (3 ... 300 кВт). В бессальниковых компрессорах электродвигатель и компрессор размещены в одном разборном корпусе. Преимущество этого типа компрессоров в том, что при повреждениях можно вынуть электродвигатель, отремонтировать клапаны, поршень и другие части. Охлаждение электродвигателя производится самим всасываемым хладагентом и частично воздухом окружающей среды. Температура хладагента при охлаждении электродвигателя бессальникового компрессора повышается на 20 °С.

Сальниковые компрессоры имеют внешний электродвигатель, выведенный за пределы корпуса и соединенный с компрессором через муфту или посредством шкива.

Мощность многих холодильных установок может плавно регулироваться с помощью инверторов — специальных устройств, изменяющих скорость вращения компрессора. В бессальниковых компрессорах возможен и другой способ регулировки мощности — перепуском пара хладагента с выхода на вход агрегата либо закрытием части всасывающих клапанов.

Основное достоинство поршневых компрессоров состоит в том, что они обеспечивают высокие степени сжатия, что обусловило их применение во всех типах холодильных установок.

Основные недостатки поршневых компрессоров:

- пульсации давления паров хладагента на выходе, приводящие к высокому уровню шума;
- значительная неуравновешенность возвратно-поступательного механизма, вызывающая вибрацию и шум;
- большие нагрузки при пуске, требующие 4...6-кратного запаса мощности и ускоряющие износ компрессора.

Принцип работы **ротационных компрессоров** основан на всасывании и сжатии газа при вращении пластин. Их преимущество перед поршневыми компрессорами состоит в низких пульсациях давления и меньшем значении пускового тока.

Существует две модификации ротационных компрессоров:

- со стационарными пластинами;
- с вращающимися пластинами.

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