

12 Монтаж и наладка систем вентиляции и кондиционирования воздуха

Раздел

Монтаж и наладка систем вентиляции и кондиционирования охватывает следующие этапы:

1. Подготовительные работы.
2. Установка оборудования.
3. Монтаж фреоновой магистрали.
4. Монтаж электрооборудования.
5. Монтаж сантехнического оборудования.
6. Монтаж воздухораспределительной сети.
7. Наладка системы.

Объем выполняемых работ при монтаже и наладке зависит от типа оборудования и его производительности. Но перечисленные выше этапы приходится выполнять при монтаже любого типа оборудования, за исключением монтажа воздухораспределительных сетей, если такой нужен. Так, при монтаже сплит-систем в монтаж сантехнического оборудования входит монтаж дренажного трубопровода. Это небольшой объем работ. Но при монтаже систем с чиллерами и фанкойлами объем сантехнических работ значительно возрастает. В любом случае все операции по монтажу и наладке должны выполняться строго в соответствии с технологией, предусмотренной заводом-изготовителем.

В этом разделе на основе анализа инструкций заводов-изготовителей изложены основные правила монтажа и наладки систем вентиляции и кондиционирования.

12.1. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Первым этапом подготовительных работ является изучение проектной документации на монтируемый объект, по результатам которого выполняют следующие работы.

1. Изучают техническую документацию на подлежащее монтажу оборудование (технические условия, описание, инструкции по монтажу, наладке и др.).
2. Составляют график выполнения работ, согласовав его с другими службами (подъемно-транспортные, энергетические и др.).
3. Составляют перечень дополнительных материалов и комплектующих изделий, отсутствующих в основной спецификации проектной документации.
4. Проверяют наличие необходимого монтажного и контрольно-измерительного оборудования, срок действия паспортов (свидетельств поверки) на манометры, измерительные приборы и др. (перечень основного инструмента монтажника приведен дальше).
5. Если монтаж выполняется без проектной документации (как правило, бытовые кондиционеры малой мощности), составляются:
 - схема разводки фреоновой магистрали;
 - схема электрических соединений;
 - схема разводки дренажной магистрали;
 - ведомость материалов и комплектующих изделий, а также производят расчет диаметра труб фреоновой магистрали (если эти данные отсутствуют), определяют сечения электрических проводов, подбирают автоматические выключатели и др.Эти документы (или эскизы) согласовываются с заказчиком.

12.2. УСТАНОВКА ОБОРУДОВАНИЯ

Установка наружных блоков должна производиться так, чтобы был обеспечен необходимый поток воздуха для их охлаждения. В руководствах по монтажу даются рекомендации относительно размеров свободной зоны вокруг блока. Нельзя устанавливать наружные блоки (если их несколько) так, чтобы потоки воздуха, создаваемые ими, были направлены навстречу друг другу.

Не рекомендуется наружные блоки устанавливать под деревьями (особенно тополями), так как конденсаторы будут забиваться листьями, тополиным пухом и пр.

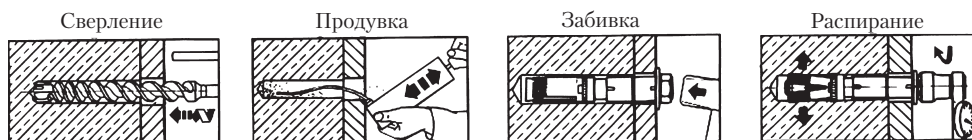
На стенах наружные блоки устанавливаются на кронштейнах, которые необходимо крепить анкерными болтами заводского изготовления. Над наружными блоками устанавливают металлические козырьки, защищающие блок от попадания дождевой воды, ледовых сосулек и т. п. Для крепления элементов на стенах, потолках необходимо применять соответствующие анкерные болты (рис. 12.2.1). Крепят анкерные болты по технологии завода-изготовителя, используя специальный инструмент (рис. 12.2.2).

Прокладку фреоновой и дренажной магистрали, электропроводку выполняют в коробах, штробах или открытым способом.



Рис. 12.2.1. Анкерные болты различного назначения

Технология установки распорного анкера



Технология установки химического анкера

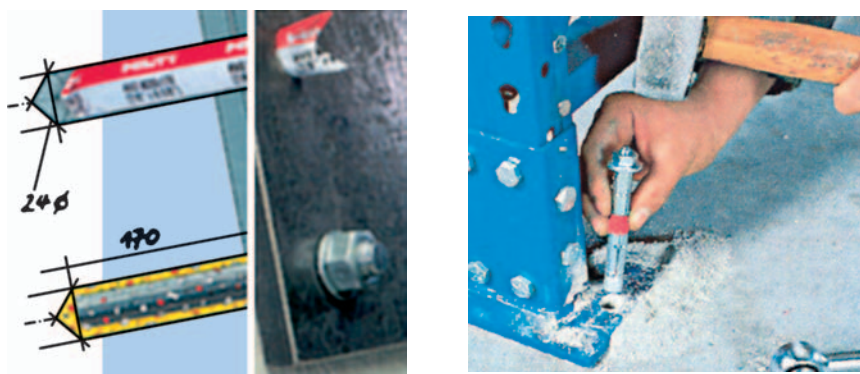
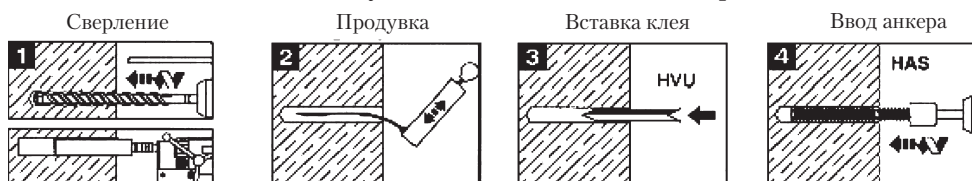


Рис. 12.2.2. Крепление анкерных болтов:
 а – химический болт, б – распорный болт

Короба ставят на анкерные болты или пластмассовые дюбеля, а магистраль крепят хомутами. При прокладке открытым способом также применяют хомуты (рис. 12.2.3).

Перечень основного инструмента монтажника кондиционеров.

1. Перфоратор для сверления стен (DW 545, DW 566).
 - 1.1. Буры диаметром 5, 6, 10, 12, 14, 16 мм (SDS+).
 - 1.2. Буры диаметром 20 и 40 мм длиной 570–920 мм (SDS MAX).
2. Коллектор манометрический двухвентильный (ITE 2822 BCP) или пятивентильный (ITE 2105 BC) с тремя шлангами высокого давления.
 - 2.1. Прокладки резиновые для шлангов (ITE 79583–01).
 - 2.2. Депрессор с латунным стержнем для шлангов (ITE 89216–26E).
 - 2.3. Тройники, соединители шлангов, гайки конусные разных диаметров, заглушки.
3. Насос вакуумный двухступенчатый (ITE DIP-252).
4. Станция эвакуации хладагента (ITE MINI-R, MAXI-R).
5. Набор для развальцовки труб (ITE 275 FSC).
6. Набор цилиндрических расширителей 8–42 мм (Rothenberger).
7. Труборезы (ITE 174F и TC1050).
8. Кусачки капиллярные (ITE CTP-1).
9. Шаберы для зачистки труб (ITE PTR-1).
10. Клещи для пережима медных труб (ITE VG-14).
11. Весы электронные (ITE 9050).
12. Пистолет для силикона.
13. Зеркало (ITE MIR-1).
14. Увеличительное стекло $\times 2$, $\times 3$.
15. Шприц с компрессорным маслом.
16. Паста теплоабсорбирующая L-11511.
17. Нагреватель баллонов с фреоном (ITE RCH 10).
18. Набор пружинных трубогибов.
19. Трубогибы механические (электрические) для гибки труб разных диаметров.
20. Аппарат для пайки труб.
21. Течеискатель фреона (ITE-XTRA).

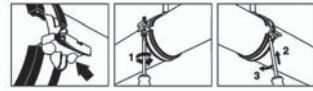
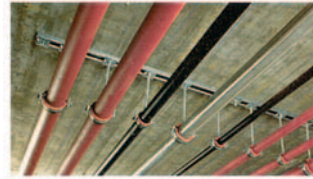


Рис. 12.2.3. Прокладка фреоновой и дренажной магистрали

22. Универсальный измерительный прибор (тестер).
23. Клещи токовые (ITE 8070).
24. Универсальный прибор для измерения температуры (SH-66AC).
25. Комплект для измерения параметров воздуха (Testo 450).
26. Шумомер (Testo-816).
27. Мегомметр (ITE M-500).
28. Рефрактометр для определения марки масла (ITE RFM-20).
29. Прибор для определения кислотности масла (ITE TOTALTEST).
30. Пояс монтажный.
31. Слесарный инструмент:
 - дрель с набором сверл, насадка-шуруповерт;
 - ключи метрические 6–36 мм;
 - головки метрические и дюймовые;
 - отвертки плоские и крестообразные;
 - плоскогубцы, круглогубцы, кусачки;
 - рулетка измерительная, штангенциркуль;
 - напильники, набор надфильных напильников;
 - уровень строительный;
 - ножовка по металлу, нож, шило, зубило;
 - молотки 500 и 100 г;
 - паяльник;
 - розетка-удлинитель;
 - фонарь электрический;
 - асбест листовой.

12.3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ МОНТАЖ ОБОРУДОВАНИЯ

12.3.1. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ЭЛЕКТРОМОНТАЖА

Электроснабжение кондиционеров и других энергопотребителей должно выполняться от электрической сети с глухозаземленной нейтралью 380/220 В и заземлением типа TN-S или TN-C-S. Основные сокращения, применяемые в проектах систем электроснабжения, приведены в таблице 12.3.1.

Таблица 12.3.1. Сокращения, применяемые в проектах систем электроснабжения

Сокращения	Термин
TN-S	Нулевой рабочий и нулевой защитный проводники работают раздельно по всей системе
TN-C-S	Функции нулевого рабочего и нулевого защитного проводников объединены в одном проводнике в части сети
L	Фазный проводник
N	Нулевой рабочий проводник
PE	Нулевой защитный проводник
PEN	Объединенный нулевой рабочий и защитный проводники
УЗО	Устройство защитного отключения, которое реагирует на дифференциальный ток

Поставляемые изготовителями блоки кондиционеров имеют встроенное электрооборудование. При установке кондиционеров необходимо выполнить межблочные соединения, подводку электропитания, установку защитной аппаратуры (автоматических выключателей, устройств защитного отключения — УЗО) и розеток для бытовых кондиционеров. Объем выполняемых работ зависит от типа оборудования, его комплектации, размещения на объекте, наличия проектной документации.

Перед началом монтажа электрооборудования необходимо выполнить подготовительные работы.

1. Изучить электрические принципиальные схемы и схемы внешних соединений, заказные спецификации на электрооборудование (аппаратуру, провода и кабели, монтажные материалы).
2. Обследовать систему электроснабжения объекта и ознакомиться с расположением вводных устройств, сечением питающих проводов и трассами предстоящей прокладки проводов и кабелей. При этом необходимо учесть, что использование N проводника в качестве защитного не допускается. При наличии N и PE проводников их объединение не допускается. Проводник N должен быть подключен на клеммную колодку, изолированную от корпуса квартирного электрощита, а PE — соединен с корпусом электрощита. При отсутствии отдельного PE проводника необходимо включить в перечень работ его прокладку непосредственно от вводного распределительного устройства. В цепях PE и PEN проводников не допускается устанавливать коммутационные элементы.
3. Проверить специальным детектором отсутствие по трассе скрытой электропроводки других энергопотребителей, металлических закладных конструктивных частей зданий, труб и т. п.
4. Изучить характеристику стен, по которым или внутри которых пройдут трассы электропроводки.
5. Если монтаж электрооборудования выполняется без проектной документации (как правило, бытовые кондиционеры малой мощности), составить схемы электрических соединений, схему прокладки электропроводки, произвести расчеты выбора электропроводов, устройств защиты, составить спецификацию на комплектующие и монтажные материалы. Эти документы должны быть согласованы с заказчиком.

Электромонтажные работы должны выполняться в соответствии с «Правилами устройства электроустановок (ПУЭ)» и действующими нормативными документами.

После изучения плана, проверки трассы, разметки и подбора комплектации можно приступить к монтажу проводов.

Существуют три способа монтажа: скрытая проводка, открытая проводка и комбинированная проводка.

Наиболее простой является открытая проводка. Она удобна тем, что любой ее участок доступен для ремонта и подключения новых токоприемников. Монтаж производится быстро, так как не связан с долблением стен.

Недостатком этого способа является неэстетичный внешний вид, поэтому внутри помещений такая проводка выполняется очень редко.

При прокладке наружной проводки необходимо выполнить крепление кабелей через 500–600 мм специальными пластмассовыми хомутами. Крепление хомутиков к стене производится с помощью пластмассовых дюбелей и забивных саморезов.

Для повышения эстетичности и безопасности проводка может прокладываться в специальных коробах. При этом способе прокладки, с одной стороны, сохраняются все преимущества открытой проводки, с другой стороны, она более безопасна и менее трудоемка по сравнению со скрытой проводкой.

Номенклатура пластмассовых коробов очень широкая. Они выпускаются как для укладки только силовых проводов, так и для укладки вместе с ними кабелей управления и сигнализации с разделением каналов. Короба к стенам крепятся при помощи клея или саморезов. Прямые и угловые сочленения осуществляются с помощью специальной фурнитуры.

Скрытая проводка выполняется под штукатуркой в пластмассовых гофротрубах. При этом в стенке с помощью низкооборотных ручных угловых машин выполняется канавка — штроб. В нее укладывается пластмассовая гофротруба, которая “примораживается” алебастровым раствором или прикрепляется хомутами из пластмассы. Пластмассовые гофротрубы для электромонтажа могут поставляться с вложенным стальным тросом (протяжкой), если последнее оговорено в заказе трубы. При прокладке кабеля или проводов необходимо соединить концы троса-протяжки и кабеля, после чего протянуть трос с противоположного конца трубы. Трудоемкость протяжки кабеля уменьшается в 2–3 раза.

Пластиковые гофротрубы могут применяться также для защиты наружной проводки от солнечной радиации вместо оцинкованного металлорукава, который из-за атмосферных осадков корродирует через 1–2 года.

Допускается прокладка проводов под штукатуркой в штробах без применения пластиковых труб на глубине не менее 20 мм, но при таком способе прокладки не обеспечивается замена проводов без разрушения штукатурки.

При разработке плана проводки или определения трассы по месту необходимо учитывать следующие требования:

1. Разветвительные коробки, розетки и выключатели должны располагаться в доступных для обслуживания местах, а токоведущие части должны быть закрыты.

2. Розетки должны устанавливаться в местах предполагаемой установки электрического оборудования на высоте 50–80 см от уровня пола и не ближе чем в 50 см от заземленных металлических устройств (водопроводные трубы и трубы отопления, батареи и т. п.).
3. Провода прокладываются только по вертикальным и горизонтальным линиям, а их расположение должно быть точно известно, чтобы избежать повреждения при сверлении отверстий, забивании дюбелей, гвоздей или других крепежных изделий. Горизонтальная прокладка проводов производится на расстоянии 50–100 мм от карниза и балок, 150 мм от потолка и 150–200 мм от плинтуса. Вертикально проложенные участки проводов должны быть удалены от углов помещения, оконных и дверных проемов не менее чем на 100 мм. Провод не должен соприкасаться с металлоконструкциями здания.

Параллельная прокладка проводов вблизи труб газопровода или газовых счетчиков производится на расстоянии не менее 1 м. При наличии горячих трубопроводов (отопление и горячая вода) проводка должна быть защищена от воздействия высокой температуры теплоизоляционными прокладками, например, асбестовыми листами. Запрещается прокладывать провода под штукатуркой пучками, а также с расстоянием между ними менее 3 мм.

12.3.2. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

Соединения проводов должны выполняться с помощью специальных клеммных колодок или болтовых соединений. Соединения методом скрутки запрещаются, так как соприкосновение скручиваемых проводов осуществляется по линии, и при этом не обеспечивается эффективная площадь

прохождения тока, а в месте скрутки происходит перегрев проводов и повреждение изоляции.

Категорически запрещается соединение алюминиевых проводов, которые применялись в домах старой постройки, с медными. Эти металлы образуют гальваническую пару, и происходит разрушение алюминиевого провода. Такой процесс происходит ускоренно при наличии влаги.

На рынке представлены различные типы клеммных зажимов. Наибольшее распространение получили зажимы колонкового типа, представленные на рис. 12.3.1.



Рис. 12.3.1. Набор клеммных зажимов колонкового типа

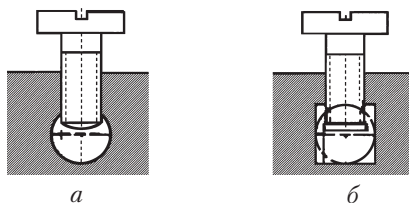


Рис. 12.3.2. Клеммные зажимы колонкового типа:
а – без прижимной планки;
б – с прижимной планкой

Они выпускаются без прижимной планки (рис. 12.3.2, *а*) и с прижимной планкой (рис. 12.3.2, *б*).

Клеммы без прижимной планки предназначены для соединения жестких одножильных проводов. Использование их для соединения многожильных проводов не допускается, потому что при зажиме соединения торцом винта токопроводящей жилы происходит отрыв отдельных проволок, часть проволок расходится по сторонам, эффективная площадь соединения уменьшается и ухудшается качество соединения.

Концы многожильных проводов должны быть опрессованы наконечником с использованием специального инструмента (рис. 12.3.3).

Клеммные зажимы с прижимной планкой позволяют подключать многожильные провода. Планка исключает отрицательные явления, которые описаны выше.

Для подключения многожильных проводов может быть рекомендован так называемый “бугельный зажим” (рис. 12.3.4).

В этом зажиме прижимная планка имеет насечки, которые разрушают оксидный слой на проводе. Площадь контактного соединения увеличивается. Корпус зажима разрезной и образует пружину (рис. 12.3.5).

Пружина препятствует самопроизвольному развинчиванию винта в условиях вибрации, что повышает надежность устройства.

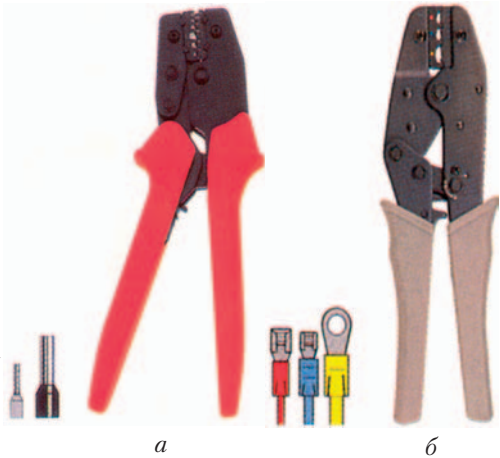


Рис. 12.3.3. Инструмент для обжимки наконечников:
а — наконечники для гибких проводов при использовании клемм колонкового типа и клещи для обжима;
б — плоские штырьевые разъемы, наконечник под винт и клещи для их обжима

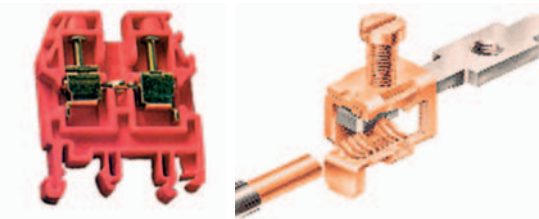


Рис. 12.3.4. Бугельный зажим

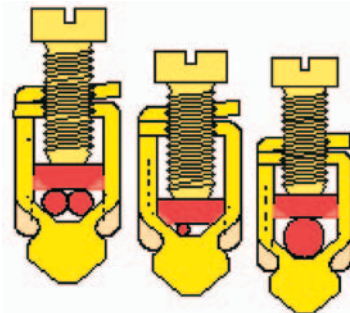


Рис. 12.3.5. Корпус бугельного зажима

При необходимости наращивания проводов или соединений различных проводов должны быть использованы медные гильзы. Их габаритные размеры приведены в таблице 12.3.2.

Таблица 12.3.2. Габаритные размеры медных гильз

Сечение, мм ²	Наружный диаметр D, мм	Внутренний диаметр d, мм	Длина L, мм
2,5	4	2,1	15
4	4,5	3	15
6	5	3	25
10	7	5	29
16	9	7	29
25	11	9	33

В гильзы вставляются с двух сторон токопроводные жилы и производится их обжимка с помощью обжимного инструмента. Гильзы изолируются изолентой ПВХ с последующей герметизацией места соединения термоусаживаемой трубкой.



Рис. 12.3.6. Термоусаживаемая трубка

Термоусаживаемые трубки применяются в различных отраслях промышленности и используются для различных электротехнических соединений, а также для ремонта поврежденной изоляции кабелей и проводов. Диаметр этих трубок при нагреве газовой горелкой или струей горячего воздуха с температурой свыше 120 °С уменьшается в 2 раза (рис. 12.3.6).

Обозначения трубок и их размеры приведены в таблице 12.3.3. Трубки поставляются в отрезках длиной 1 000 мм.

Таблица 12.3.3. Термоусаживаемые трубки

Обозначение	Наружный диаметр D, мм	Диаметр после усадки d, мм	Толщина стенки после усадки s, мм
1,6/0,8	1,6	0,8	0,43
2,4/1,2	2,4	1,2	0,51
3,2/1,6	3,2	1,6	0,51
4,8/2,4	4,8	2,4	0,51
6,4/3,2	6,4	3,2	0,64
8/2	8,0	2,0	1,0
9,5/4,8	9,5	4,8	0,64
12,7/6,4	12,7	6,4	0,64
19/9,5	19,0	9,5	0,76
25,4/12,7	25,4	12,7	0,89
38/19	38,0	19,0	1,02
51/25,5	51,0	25,5	1,14
76/38	76,0	38,0	1,27
102/51	102,0	51,0	1,40

Физико-механические характеристики трубок приведены в таблице 12.3.4.

Таблица 12.3.4. Физико-механические характеристики трубок

Параметр	Значение
Рабочая температура, °С	от -55 до +105
Максимальная продольная усадка, %	15
Минимальное удлинение при разрыве, %	200
Температурная устойчивость при 200°С в течение 4 ч	Отсутствие трещин, деформации, расплавления и текучести
Минимальная диэлектрическая сопротивляемость, кВ/мм	15
Минимальное удельное сопротивление, Ом/см	10 ¹⁴

Герметизация соединений с помощью трубок производится в следующем порядке. На провод надевают трубку с запасом по 30 мм на каждую сторону. Соединение проводов производится с помощью гильзы. Место соединения изолируется лентой ПВХ, затем на него надвигается трубка, которую нагревают, начиная с середины. При жестких условиях эксплуатации рекомендуется место соединения изолировать двумя трубками разного диаметра.

Ответвление проводов или соединения разных трасс должны выполняться в соединительных или ответвительных коробках соответствующей степени защиты от воздействия внешней среды. Например, при установке вне помещения клеммные коробки должны иметь степень защиты IP55 или IP65 по ГОСТ 14254–96, действующему в Украине.

При выполнении межблочных соединений необходимо соблюдать соответствие соединений проводов на клеммниках. Несоблюдение последовательности фаз может привести к выходу кондиционера из строя или к отказу во время работы.

12.3.3. АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

Автоматические выключатели — это аппараты защиты электрических сетей от короткого замыкания и перегрузки. Они позволяют также производить нечастую коммутацию включения и отключения отдельных потребителей в сетях переменного и постоянного тока. Устройство автоматического выключателя показано на рис. 12.3.7.

Автоматические выключатели различаются по:

- числу полюсов (1–3);
- типу расцепителя (тепловой, электромагнитный или комбинированный);
- номинальному току расцепителя (от 1,6 А до сотен ампер);
- характеристике отключения — зависимости времени срабатывания от тока;

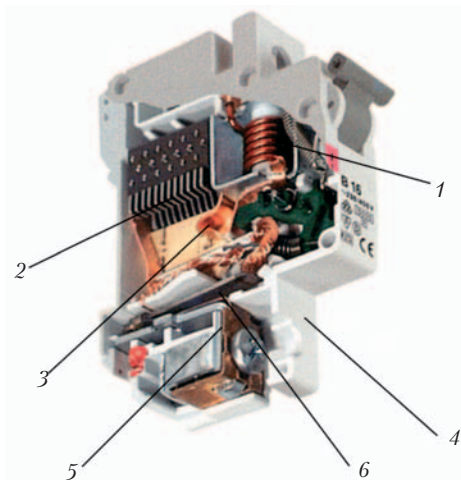


Рис. 12.3.7. Автоматический выключатель:
 1 — катушка электромагнитного расцепителя;
 2 — дугогасительная камера;
 3 — главные контакты;
 4 — корпус; 5 — клемма подключения; 6 — биметаллическая пластина теплового расцепителя

- отключающей способности — максимальному току короткого замыкания, отключение которого гарантирует дальнейшую работоспособность автомата.

Выбор автоматических выключателей производится по номинальному току, характеристике срабатывания, отключающей способности, условиям монтажа и эксплуатации. Правильный выбор характеристики автоматического выключателя является залогом его своевременного срабатывания.

В соответствии со стандартом IEC 898 (стандарт международной электротехнической комиссии) и EN 60898 (европейская норма) по характеристике срабатывания автоматические выключатели бывают следующих типов.

Тип B — величина тока срабатывания магнитного расцепителя равна $I_o = KI_n$ при $K = 3-6$. Бытовое применение: для осветительных ламп накаливания или там, где длинные трассы и ток короткого замыкания на нагрузке невысокий и может попасть в зону работы теплового, а не электромагнитного расцепителя.

Тип C — величина тока срабатывания магнитного расцепителя — $I_c = (5-10) I_n$. Бытовое и промышленное применение: для двигателей со временем пуска до 1 секунды, нагрузки с малыми индуктивными токами (рекомендуются для холодильных машин и кондиционеров).

Тип D — величина тока срабатывания магнитного расцепителя —

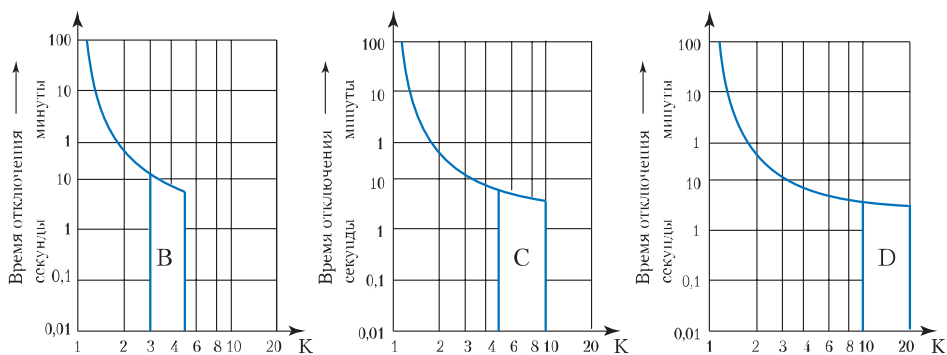


Рис. 12.3.8. Характеристики автоматических выключателей

более 10 I_n . Применение: для двигателей с затяжным временем пуска, сварочного оборудования.

Реальные характеристики выключателей с учетом разброса параметров показаны на рис. 12.3.8.

Для выбора автоматического выключателя по отключающей способности необходимо выполнить расчет тока короткого замыкания. Как показывает практика, для большинства сетей этот ток не превышает 4,5 кА.

В таблице 12.3.5 приведены краткие характеристики и типы отдельных автоматических выключателей производства концерна АВВ (Швеция, Германия).

Аналогичные характеристики имеют автоматические выключатели фирм SIEMENS и KNOPP (Германия), которые также могут быть рекомендованы к применению.

Монтаж автоматических выключателей выполняется в специальных щитах или шкафах, а крепления осуществляются с помощью так называемой DIN-рейки — полосы специального профиля. Если на одной DIN-рейке установлено рядом несколько однофазных автоматических выключателей, нагрузочная способность каждого уменьшается из-за ухудшения условий охлаждения. В этом случае выбор автоматического выключателя необходимо производить с учетом графика, представленного на рис. 12.3.9.

Таблица 12.3.5. Характеристика автоматических выключателей АВВ

Серия	Отключающая способность, кА	Варианты
S230R	4,5	1, 2, 3-полюсный, характеристика C, D 1–40А
S240	4,5	1, 2, 3-полюсный, характеристика C, D 1–40А
S250 (S260)	6,0	1, 2, 3-полюсный, характеристика B-C 0,5–63А
S280	25,0	1, 2, 3-полюсный, характеристика B, C, D 10–25А

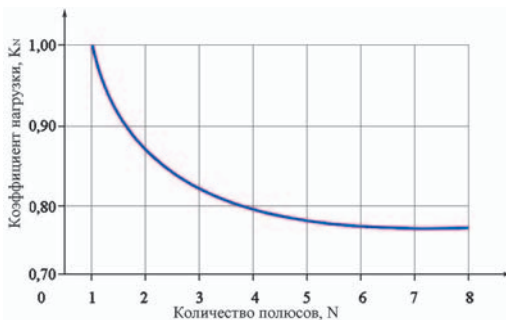


Рис. 12.3.9. Нагрузочная способность автоматических выключателей при их размещении рядом

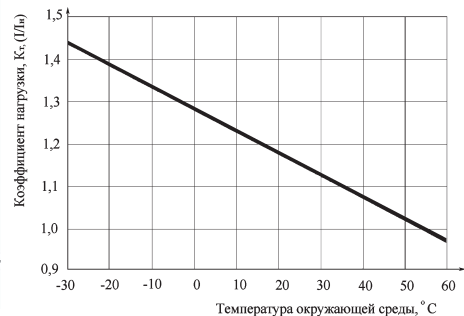


Рис. 12.3.10. Нагрузочная способность автоматических выключателей в зависимости от температуры окружающей среды

При изменении температуры окружающей среды изменяется нагрузочная способность выключателей, как представлено на рис. 12.3.10.

12.3.4. УСТРОЙСТВА ЗАЩИТНОГО ОТКЛЮЧЕНИЯ

Учитывая, что наружные блоки и вентиляторы кондиционеров работают в жестких условиях эксплуатации, требуется дополнительная мера защиты от поражения электрическим током. Таким устройством является устройство защитного отключения (УЗО), которое реагирует на дифференциальный ток. Оно срабатывает от тока утечки из цепи (тока, протекающего через тело человека или через плохую изоляцию).

Воздействие электрического тока, проходящего через тело человека, определяется приложенным напряжением и сопротивлением кожи человека. Сопротивление сухой кожи человека достаточно велико (около 100 кОм), однако оно сильно уменьшается при увлажнении (до 1 кОм).

Ощущения человека при прохождении через него электрического тока приведены в табл. 12.3.6.

Таблица 12.3.6. Физиологическое воздействие тока на человека

Ток через тело, мА	Ощущение	Результат
0,5	Не ощущается, слабые ощущения кончиками пальцев, языком, через ранку	Безопасно
3	Ощущение, близкое к муравьиному укусу	Не опасно
15	Если взяли за проводник, невозможно отпустить его	Неприятно, но не опасно
40	Судороги тела, судороги диафрагмы	Опасность удушья в течение нескольких минут
80	Вибрация желудочка сердца	Приводит к смерти

В соответствии со стандартами, производители электротехнической продукции выпускают УЗО со срабатыванием при токах утечки 10 мА, 30 мА и 300 мА.

В каталогах зарубежных фирм УЗО называется *дифференциальным реле*. Выпускаются как дифференциальные реле, так и реле, совмещенные с автоматическим выключателем, токовой и тепловой защитой. Такое устройство в каталогах называется *автоматический дифференциальный выключатель*.

В основе действия УЗО как электрического устройства лежит принцип ограничения продолжительности протекания тока через тело человека при непреднамеренном прикосновении его к токоведущим частям и частям, на которых оказывается напряжение. УЗО можно определить как быстродействующий защитный выключатель, реагирующий на дифференциальный ток в проводниках, подводящих электроэнергию к защищаемой электроустановке.

Принцип работы УЗО достаточно прост и строится на правиле сложения токов в узле и законе индукции. Схема подключения УЗО показана на рис. 12.3.11.

Электромеханические УЗО — дифференциальные реле и автоматические выключатели с дифференциальным реле — выпускаются рядом ведущих европейских фирм, таких как Siemens, ABB, Legrand и др.

В связи с тем, что во многих приборах и устройствах, в том числе и кондиционерах, имеются силовые электронные компоненты (электронные коммутаторы, полупроводниковые контакторы, преобразователи частоты), при пробое изоляции на корпус могут создаваться несинусоидальные, но однонаправленные постоянные пульсирующие токи, УЗО выпускаются трех типов.

Тип “АС” — УЗО, размыкание которого гарантировано в случае, если разностный синусоидальный ток внезапно возникает или медленно увеличивается.

Тип “А” — УЗО, размыкание которого гарантировано в случае, если синусоидальный или пульсирующий разностный ток внезапно возникает или медленно увеличивается.

УЗО типа “А” универсального применения могут быть рекомендованы для защиты цепей с кондиционерами.

Тип “В” — УЗО, размыкание которого гарантировано в случае, если синусоидальный, пульсирующий или сглаженный постоянный (коэффициент пульсации не выше 10%) разностный ток внезапно возникает или медленно увеличивается.

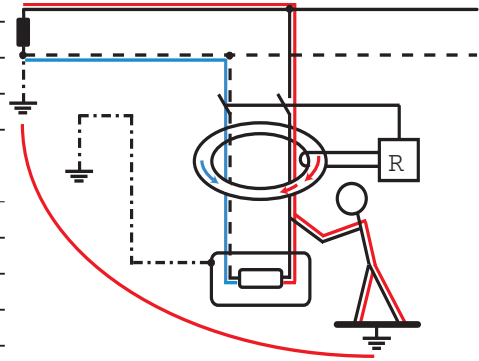


Рис. 12.3.11. Схема подключения УЗО

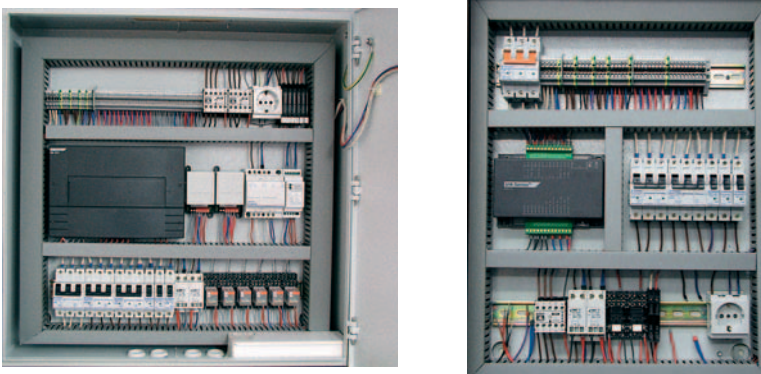


Рис. 12.3.12. Общий вид щитов управления системой вентиляции и кондиционирования воздуха

12.4. МОНТАЖ ФРЕОНОВЫХ МАГИСТРАЛЕЙ

12.4.1. ПОДГОТОВКА ТРУБ

Для фреоновой магистрали кондиционеров применяют медный или стальной трубопроводы. Выбор материала труб зависит от типа хладагента и диаметра труб. При диаметре труб более 54 мм и для аммиака применяют стальную трубу. В остальных случаях — медную. Несмотря на более высокую стоимость, медные трубопроводы имеют следующие преимущества:

- низкие потери давления: внутренняя шероховатость медных труб составляет $1,5 \cdot 10^{-3}$ мм, а стальных — $45 \cdot 10^{-3}$ мм;
- высокая устойчивость к коррозии для различных хладагентов (кроме аммиака);
- достаточно высокая прочность, что позволяет применять тонкостенные трубы;
- легкость обработки;
- возможность применения паяных соединений.

Медные трубы поставляются в бухтах (в отожженном состоянии) или в прутках (цельнотянутый прокат). Трубы имеют метрические или дюймовые размеры. Диаметры труб и толщина стенок труб, допускаемых для использования в холодильных установках, приведены в табл. 12.4.1.

Трубы, поставляемые в бухтах длиной 25–30 м, имеют слегка приплюснутое (овальное) сечение. Поэтому при вальцовочном соединении необходима калибровка их профиля.

Таблица 12.4.1. Трубы для фреоновых магистралей

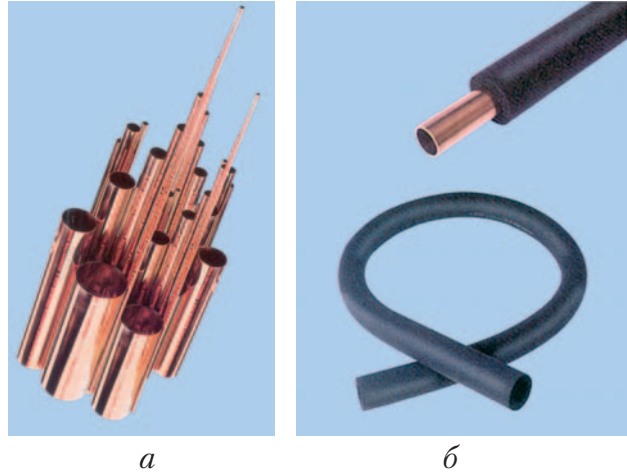
Наружный диаметр трубы, мм (дюйм)	Толщина стенки, мм	Наружный диаметр трубы, мм (дюйм)	Толщина стенки, мм
6,35 (1/4)	0,8	28,58 (1 1/8)	1,0
9,52 (3/8)	0,8	31,8 (1 1/4)	1,1
12,7 (1/2)	0,8	34,92 (1 3/8)	1,1
15,88 (5/8)	1,0	38,1 (1 1/2)	1,15
19,05 (5/8)	1,0	44,59 (1 5/8)	1,25
22,22 (7/8)	1,0	50,8 (2,0)	1,4
25,4 (1,0)	1,0		

Концы труб должны быть обязательно закрыты заглушками, чтобы внутрь не попадали грязь, насекомые, вода. Если от бухты отрезается часть, то концы остатков также должны быть сразу закрыты заглушками.

Медные холоднокатаные трубы более жестки и лучше противостоят ударным нагрузкам. Кроме того, они имеют круглое поперечное сечение, не требующее калибровки, аккуратно обрезаны под углом 90°. Места холоднокатаных труб, подлежащих деформированию (вальцовке, изгибу, изготовлению раструба), необходимо отжигать.

Холоднокатаные трубы поставляются длиной 4 и 6 м.

Рис. 12.4.1. Трубы:
а – медная
холоднокатаная,
б – в теплоизоляции



12.4.2. РЕЗКА ТРУБ

Технология резки труб не должна нарушать форму поперечного сечения, делать вмятины, допускать попадание стружки вовнутрь трубы.

Прежде всего, для этого следует использовать дисковые отрезные устройства – труборезы (рис. 12.4.4). Диапазон резки дисковых труборезов (по диаметру труб) составляет 6–108 мм. Очень важно, чтобы диски были острые. При резке нельзя допускать больших усилий для прижимания диска, чтобы не изменить форму поперечного сечения трубы по отрезной кромке.

Правильная резка трубы без ее деформации достигается после 5–7-кратной прокрутки трубореза вокруг оси трубы, причем всякий раз дисковый резец должен вводиться в трубу на глубину до 0,2 мм. Одно-разовый глубокий ввод резца в материал может вызвать овализацию сечения мягкой трубы, а в случае твердой трубы – повреждение дискового резца (рис. 12.4.3).

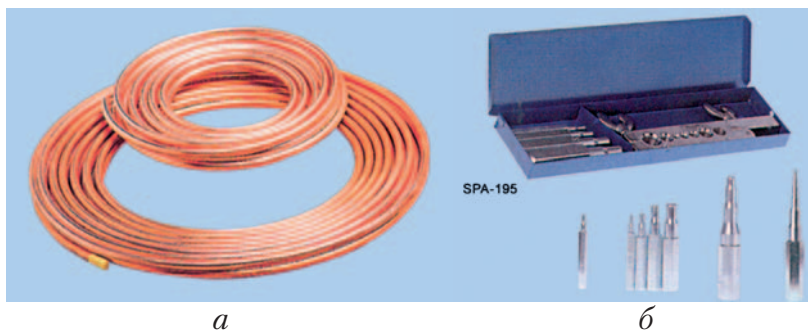


Рис. 12.4.2. а – медная труба в бухте; б – набор калибров

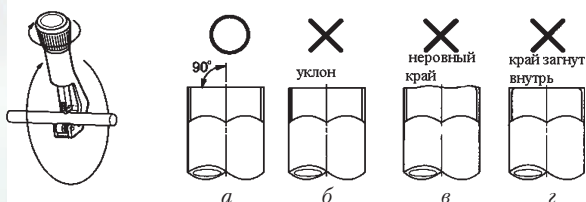


Рис. 12.4.3. Резка медной трубы труборезом



Рис. 12.4.4. Труборезы для резки труб различного диаметра



Рис. 12.4.5. Ножницы капиллярные

Трубы малого диаметра от 2 до 8 мм, в том числе капиллярные трубки, необходимо резать труборезными и капиллярными

ножницами (рис. 12.4.5). После резки трубы необходимо удалить задиры прямым или конусным шабером (рис. 12.4.6) и при необходимости откалибровать концы труб калибрами (рис. 12.4.2, б).

Для калибровки используются оправки и втулки соответствующего диаметра. Сначала калибруют внутренний диаметр при помощи оправки, а затем наружный при помощи втулки.



Рис. 12.4.6. Шаберы для зачистки кромок труб

12.4.3. ГИБКА ТРУБ

Технология гибки для мягких и твердых труб различна и зависит от диаметра. Ручная гибка с помощью ручных или пружинных трубогибов применяется для мягких труб диаметром до 19 мм (рис. 12.4.7).



Рис. 12.4.7. Трубогибы ручные:
1, 2, 3 – рычажные,
4 – пружинный;
5 – гидравлический



Рис. 12.4.8. Трубогиб
электрический

Радиус гибки ручным способом составляет 6–8 наружных диаметров труб. При изгибе меньшим диаметром могут возникнуть гофры, переломы и деформация труб. При необходимости получить радиус гибки меньших размеров и для труб диаметром более 19 мм необходимо использовать трубогибы. Трубогибы могут быть с ручным, пневматическим, гидравлическим и электрическим приводом. Минимальный радиус холодной гибки труб приведен в таблице 12.4.2.

Таблица 12.4.2. Минимальный диаметр гибки труб

Наружный диаметр трубы, мм (дюйм)	Толщина стенки, мм	Минимальный радиус гибки, мм
6,35 (1/4)	0,8	21
9,52 (3/8)	0,8	35
12,7 (1/2)	0,8	42
15,88 (5/8)	1,0	55
19,05 (3/4)	1,0	72

Трубы больших диаметров изгибают горячим способом в трубном станке, нагревая трубу до 650 °С.

В некоторых электрических трубогибах возможно задать угол изгиба (рис. 12.4.8).

12.4.4. СОЕДИНЕНИЕ ТРУБ

Соединение труб между собой или с элементами холодильного контура производится с помощью резьбовых (вальцовочных), фланцевых соединений или пайкой.

Резьбовые соединения могут быть выполнены с шагом SAE (американский стандарт), который соответствует трубной цилиндрической резьбе, или бриггсовским шагом (резьба Бриггса), который соответствует трубной конической резьбе с конусностью 1:16. Резьбовое соединение SAE означает, что труба имеет конусное или цилиндрическое расширение (рис. 12.4.9). Конусное расширение, которое делается под углом 90° , заходит в наконечник штуцера и прижимается гайкой.

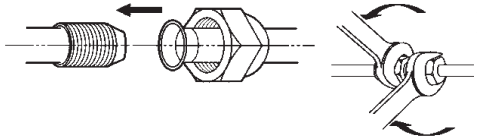


Рис. 12.4.9. Резьбовое (вальцовочное) соединение труб

Усилия, которые необходимо прикладывать при закручивании гайки на штуцер, приведены в таблице 12.4.3.

Для создания конусного расширения используются вальцовки с конусным или фигурным пуансоном (рис. 12.4.10).

При приобретении вальцовок необходимо обращать внимание на качество поверхности конусного пуансона. Его поверхность должна

Таблица 12.4.3. Усилия закручивания гаек

Наружный диаметр трубы, мм (дюйм)	Момент затяжки, кг·м
6,35 (1/4)	1,4–1,8
9,52 (3/8)	3,4–4,2
12,7 (1/2)	5,0–5,5
15,88 (5/8)	6,8–8,2
19,05 (3/4)	10,0–12,0



а



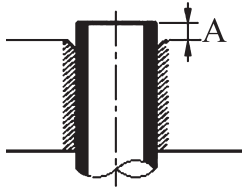
б

Рис. 12.4.10. Вальцовки: а – с конусным пуансоном; б – с фигурным пуансоном

быть хорошо обработанной, без царапин, раковин, вмятин. Зажимные пластины (матрица) должны хорошо подходить друг к другу, не нарушать поверхности труб при зажиме. В противном случае вальцовки следует дорабатывать, а конусный пуансон шлифовать. При вальцовке труб пуансон необходимо смазывать компрессорным маслом.

Зажимать трубку в пуансоне необходимо так, чтобы труба выступала над плоскостью губок на 1/3 высоты конуса губок.

Конусный раструб должен быть симметричным с ровным торцом,



Наружный диаметр трубы, мм	A, мм
6,35	1,3
9,52	1,8
12,7	2,0

без царапин и задиrow. На это нужно обращать особое внимание, так как наличие дефектов в вальцовочном соединении приводит к утечке хладагента с последующим выходом из строя компрессора.

При пайке труб для механической прочности соединения трубы соединяются с помощью прямых цилиндрических раструбов, которые выполняются сегментным расширителем (рис. 12.4.11).

Сегментную головку в сложенном состоянии вводят в трубу и затем разводят конус, сжимая ножничный рычаг. Раструб должен выполняться одним плавным движением ножничного рычага, продолжающимся несколько секунд. Привод сегментной головки может быть с ручным (для труб диаметром меньше 1"), гидравлическим или пневматическим. Минимальная глубина цилиндрического раструба, формируемая на медной трубе, зависит от диаметра трубы.

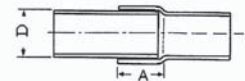


Рис. 12.4.11. Цилиндрический сегментный расширитель



Рис. 12.4.12. Расширители труб (гидравлический и электрический)

Таблица 12.4.4. Минимальная глубина раструба

Наружный диаметр трубы, мм (дюйм)	Глубина раструба, мм	Наружный диаметр трубы, мм (дюйм)	Глубина раструба, мм
6,35 (1/4)	5	28,58 (1 1/8)	13
9,52 (3/8)	6	31,8 (1 1/4)	16
12,7 (1/2)	7	34,92 (1 3/8)	17
15,88 (5/8)	7	38,1 (1 1/2)	18
19,05 (3/4)	8	44,59 (1 5/8)	20
22,22 (7/8)	9	50,8 (2,0)	22

Внутренний диаметр цилиндрического раструба должен быть таким, чтобы между соединяемыми трубами был капиллярный зазор (0,025–0,15мм). Капиллярный зазор обеспечивает всасывание жидкого припоя в пространство между трубами. Если зазор будет больше, капиллярный эффект не возникает. Подобное соединение можно паять в произвольном положении трубопровода, так как причиной всасывания в зазор является капиллярный эффект (рис. 12.4.13).

Соединять трубы можно также с помощью фитингов (рис. 12.4.14). Фитинги очень разнообразны, их перечень включает трубки, повороты, тройники, кресты и т. п.

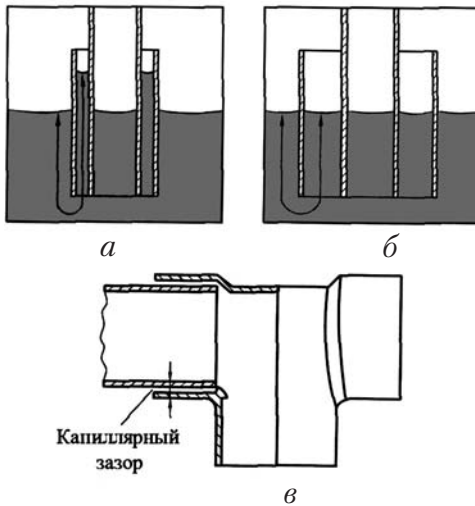


Рис. 12.4.13. Раструбное капиллярное соединение:

a – капиллярный эффект;
б – капиллярный эффект отсутствует (большой зазор);
в – раструбное капиллярное соединение



Рис. 12.4.14. Фитинги для соединения труб



Рис. 12.4.15. Припой для пайки медных труб:
а – твердый, б – мягкий

12.4.5. ПАЙКА МЕДНЫХ ТРУБ

Пайка труб может осуществляться мягким и твердым припоем. Соединение металлов при пайке мягким припоем происходит при температуре 425 °С, твердым – 460–560 °С. Тип припоя определяется соотношением меди и других металлов в его составе. При наличии в составе припоя серебра его называют серебряным. Чем больше содержание серебра, тем ниже температура плавления припоя, лучше смачиваемость припоя и его обтекание места пайки. Хорошее качество пайки получается при применении медно-фосфорных припоев, но температура плавления их выше, а смачиваемость хуже серебряных. При пайке медь–медь медно–фосфорным припоем флюс не применяется. Для пайки медь–латунь, медь–бронза применяется флюс (например, F-SH1). Капиллярный зазор при использовании серебряных припоев должен быть 0,05–0,15 мм, при медно-фосфорных – 0,025–0,15 мм.

Таблица 12.4.5. Характеристика припоев фирмы Rothenberger (Германия)

Тип припоя	Содержание, %					Температура плавления
	фосфор	серебро	цинк	кадмий	медь	
Rolot S94	5,9–6,5	—	—	—	остальное	710–880
S2, L-Ag2P	5,9–6,5	1,5–2,5	—	—	остальное	650–810
S3, L-Ag5P	5,7–6,3	4–6	—	—	остальное	650–810
S15,L-Ag15P	4,7–5,3	14–16	—	—	остальное	650–810
S30,F-SH1	—	29–31	—	19–23	остальное	600–690
L-Ag34Sn	—	33–35	1,5–2,5	—	остальное	630–730
L-Ag45Sn	—	44–46	остальное	—	26–28	480–640

МЕДНО-ФОСФОРНЫЕ И СЕРЕБРЯНЫЕ ПРИПОИ ФИРМЫ “ОСТРОВ” (РОССИЯ)

Медно-фосфорные припои

Трехкомпонентные медно-фосфорные припои с содержанием серебра до 15 % предназначены для высокотемпературной пайки в холодильной промышленности.

Особенности. Медно-фосфорные припои имеют сравнительно небольшую температуру плавления, обладают хорошей текучестью при

пайке меди и некоторых ее сплавов. Из-за присутствия в составе припоя фосфора не требуется применения флюса. Паяные швы отличаются значительной прочностью и удовлетворительной коррозионной стойкостью.

Припой этого класса широко используются при монтаже холодильного оборудования для соединений, испытывающих незначительные вибрационные и ударные нагрузки, причем с увеличением содержания серебра пластичность увеличивается. При пайке элементов арматуры с нетермостойкими элементами (ТРВ, вентили, смотровые стекла) требуется охлаждение последних для предотвращения недопустимого перегрева.

В процессе пайки для защиты от образования окалины рекомендуется продувка сухим азотом. Медно-фосфорные припои не применяются для пайки сталей из-за образования хрупкой пленки фосфитов по границе шва, что может привести к нарушению герметичности соединения.

Таблица 12.4.6. Основные характеристики медно-фосфорных припоев фирмы “Остров” (Россия)

Марка	Обозначение по DIN8513	Химический состав, %			Т _{плавления} , °С	Т _{растекания} , °С	Прочность, МПа	Относительное удлинение, %
		Ag	Cu	P				
102	L-Ag2P	2	91,3	6,7	645	820	550	6
105	L-Ag5P	5	88,5	6,5	630	780	550	7
115	L-Ag15P	15	80,2	4,8	650	800	650	10

Припой 102. Трехкомпонентный медно-фосфорный припой с содержанием серебра 2 %.

Экономичен, имеет среднее растекание. Рекомендуется использовать при монтаже холодильных систем для пайки меди и ее сплавов в соединениях, не испытывающих больших вибрационных и ударных нагрузок.

Припой 105. Трехкомпонентный медно-фосфорный припой с содержанием серебра 5 %.

Пластичен, обладает медленным растеканием, поэтому способен заполнять большие зазоры. Паяный шов выдерживает небольшие вибрационные и ударные нагрузки. Рекомендуется для пайки меди и ее сплавов в изделиях холодильной техники.

Припой 115. Трехкомпонентный медно-фосфорный припой с содержанием серебра 15 %. Наиболее пластичен из-за высокого содержания серебра и пониженного содержания фосфора. Рекомендуется для пайки соединений меди и ее сплавов. Паяный шов выдерживает умеренные вибрационные и ударные нагрузки при термических циклах. Наиболее распространен при пайке холодильных установок.

Серебряные припои

Четырехкомпонентные припои с содержанием серебра до 55 % предназначены для высокотемпературной пайки в холодильной и пищевой промышленности.

Особенности. Серебряные припои имеют низкую температуру плавления и хорошо смачивают соединяемые поверхности. Они прекрасно заполняют зазоры соединений и дают прочные вакуумно-плотные швы, обладающие высокой прочностью и пластичностью, способные выдерживать значительные вибрационные и ударные нагрузки в большом диапазоне рабочих температур.

Припои этого класса широко применяются при изготовлении и монтаже холодильного оборудования, особенно при пайке соединений, испытывающих значительные вибрационные нагрузки (например, при пайке трубопроводов к компрессору).

Более низкая температура растекания по сравнению с медно-фосфорными припоями делает их предпочтительными для пайки арматуры (ТРВ, смотровых стекол, вентиляей). Кроме того, снижается вероятность образования окалины. Используются с флюсом “Superflux” или аналогичным флюсом.

В изделиях пищевой промышленности разрешается применять только безкадмиевые припои.

Таблица 12.4.7. Основные характеристики серебряных припоев фирмы “Остров” (Россия)

Марка	Обозначение по DIN8513	Химический состав, %				Т _{плавления} , °С	Т _{растекания} , °С	Прочность, МПа	Относительное удлинение, %
		Ag	Cu	Zn	Sn(Cd)				
1530	L-Ag30Cd	30	27	21	21Cd	607	685	460	27
530Sn	L-Ag30Sn	30	36	32	2Sn	665	755	470	28
538Sn	L-Ag40Sn	38	31	28,8	2,2Sn	660	720	520	26
540Sn	L-Ag40Sn	40	30	28	2Sn	650	710	480	30
545Sn	L-Ag45Sn	45	27,5	25,5	2Sn	640	680	550	25
555Sn	L-Ag55P	55	21	22	2Sn	630	660	510	28

Припой 1530. Четырехкомпонентный припой с содержанием серебра 30 %.

Экономичен. Имеет среднее растекание. Хорошо заполняет большие зазоры без перегрева соединения. Припой применяется во всех изделиях за исключением изделий пищевой промышленности из-за содержащегося в нем кадмия.

Внимание! Пайку производить в хорошо проветриваемом помещении с соблюдением всех мер предосторожности.

Припой 530Sn. Четырехкомпонентный припой с содержанием серебра 30 %.

Имеет более высокую температуру плавления, чем припой 1530 и обладает при этом средним растеканием. Хорошо формирует паяный шов в любом пространственном положении.

Припой 538Sn. Четырехкомпонентный припой с содержанием серебра 38 %.

Обладает быстрым растеканием, что позволяет получать вакуумно-плотные швы при значительных монтажных зазорах.

Припой 540Sn. Четырехкомпонентный припой с содержанием серебра 40 %.

Имеет большой интервал плавления и обладает хорошим растеканием. Рекомендуется для пайки меди, стали в любых сочетаниях для соединений, испытывающих значительные вибрационные и ударные нагрузки.

Припой 545Sn. Четырехкомпонентный припой с содержанием серебра 45 %.

Обладает очень быстрым растеканием и имеет низкую температуру плавления, поэтому рекомендуется для пайки элементов автоматики, боящихся перегрева (ТРВ, соленоиды, вентили).

Припой 555Sn. Четырехкомпонентный припой с содержанием серебра 55 %.

Ему свойственна самая высокая текучесть. Паяные швы обладают максимальной прочностью, коррозионной стойкостью, а также высокой пластичностью и способны выдерживать значительные вибрационные нагрузки в большом диапазоне температур. Рекомендуется для пайки арматуры, содержащей нетермостойкие элементы.

Для пайки применяются нагреватели (горелки), работающие на смеси газов: пропан–бутан–воздух, пропан–бутан–кислород, ацетилен–воздух, ацетилен–кислород (рис.12.4.16).

Используются также резистивные электрические нагреватели.

Правильный подбор нагревателя и правильная установка пламени позволяют избежать перегрева материала. Пламя горелки должно быть



Рис. 12.4.16. Нагреватели для пайки труб:

а – пропан–воздух; б – пропан–кислород; в – электрический

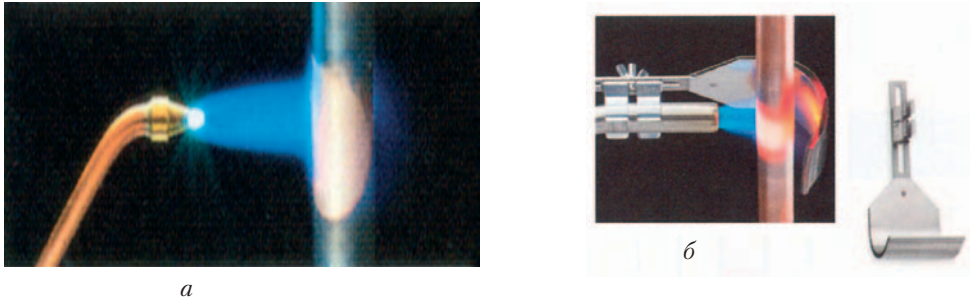


Рис. 12.4.17. Разогрев трубы перед пайкой:

а – пропан-кислородная горелка; *б* – пропановая горелка

гладким, с четким голубым свечением ядра. В первой фазе нагрева расстояние между наконечником горелки и нагреваемой поверхностью должно быть равно длине конуса пламени. Горелку держат в таком положении до достижения температуры трубы около $650\text{ }^{\circ}\text{C}$ (красный цвет). Затем увеличивают расстояние от наконечника горелки до места пайки примерно в два раза.

Для уменьшения потерь тепла, особенно при использовании пропановой горелки, применяют отражатели (рис. 12.4.17, б).

При пайке необходимо создать внутри трубы среду нейтрального газа, что исключит образование окалины внутри трубы. При работе холодильной машины окись меди, флюс, остатки припоя могут забить капиллярные трубки и четырехходовой клапан. Чаще всего в качестве инертного газа используют сухой азот.

При помощи резинового шланга соединяют фреоновую магистраль и баллон с азотом. Между трубопроводом и азотным баллоном устанавливают ротаметр или регулятор расхода газа (табл. 12.4.8). Редуктор азотного баллона устанавливают на минимально возможное давление азота (не более 0,2 бара). Ротаметром устанавливают скорость газа в трубе до 5 м/мин (расход $0,05\text{ м}^3/\text{ч}$). По окончании пайки необходимо про-

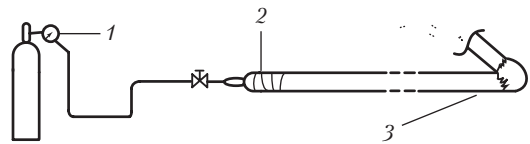


Рис. 12.4.18. Пайка медных труб в среде инертного газа:

- 1 – редуктор с регулятором расхода газа;
- 2 – уплотнение резиновым шлангом;
- 3 – место пайки

пускать азот по трубе до ее охлаждения (до температуры $35\text{--}45\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Если при пайке используется флюс, припой нагревают и наносят флюс на разогретый конец прутка припоя путем погружения его во флюс. Медно-фосфорным припоем пайка производится без флюса.

При пайке близко расположенных соединений необходимо соблюдать определенную последовательность пайки, чтобы не расплавить предыдущий шов. На рис. 12.4.19 показана последовательность пайки тройника в зависимости от его положения в пространстве. При пайке

Таблица 12.4.8 Технические характеристики регуляторов расхода газа

Наименование показателей	У-30-2	У-30П-2	АР-10-2	АР-40-2	АР-150-2	А-30-2	А-90-2
Редуцируемый газ	Углекислый газ		Аргон	Аргон	Аргон	Азот	Азот
Давление газа на входе, МПа (бар): наибольшее наименьшее при наибольшем расходе	10 (100) 0,8 (8)		20 (200) 1,5 (15)	20 (200) 0,8 (8)	20 (200) 1,5 (15)	20 (200) 2,5 (25)	20 (200) 0,8 (8)
Наибольшая пропускная способность при наибольшем рабочем давлении (красная шкала указателя расхода при дюзе №2, м ³ /ч (л/мин))	1,8 (30)		0,6 (10)	2,4 (40)	9,0 (150)	1,8 (30)	5,4 (90)
Пропускная способность по черной шкале расходомера при дюзе №1 в интервале м ³ /ч (л/мин)	0,30–0,72 (5–12)		0,03–0,15 (0,5–2,5)	0,30–0,84 (5–14)	0,6–2,4 (10–40)	0,03–0,24 (0,5–4,0)	0,90–2,22 (15–37)
Диаметры расходных шайб (дюз), мм: № 1 № 2	0,60 1,00		0,15 0,35	0,55 0,85	0,75 1,45	0,15 0,40	1,0 1,40
Напряжение питания электродвигателя, В	36		—	—	—	—	—
Потребляемая мощность, Вт, не более	200		—	—	—	—	—
Габаритные размеры, мм, не более	190×165×160	190×260×160 (без шнура)	190×165×160				
Масса, кг, не более	1,68		2,5		1,8		

элементов различной толщины прогрев начинают с более толстой детали. Стык трубопровода прогревают, вводят в зону пайки пруток припоя и производят пайку. После охлаждения паяного трубопровода до температуры окружающей среды закрывают подачу азота в трубопровод и протирают зону шва влажной ветошью. При необходимости очищают металлической щеткой. Поверхность паяного шва должна быть гладкой, без наплывов припоя и усадочных раковин.

Пайка электрическим резистивным нагревателем (рис. 12.4.16, в) осуществляется путем пропускания электрического тока через место спая. Место спая зажимается угольными электродами и при прохождении электрического тока на структуре уголь–медь–уголь падает большое напряжение, благодаря чему медь разогревается.

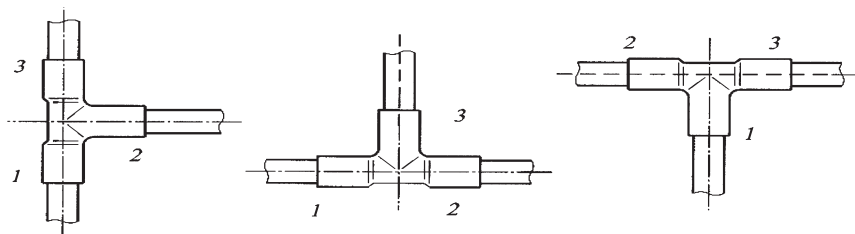


Рис. 12.4.19. Последовательность пайки тройника

Преимуществом этого метода является возможность плавного увеличения тока, а, следовательно, и температуры. Однако увеличивать ток нужно очень медленно, иначе можно прожечь трубу.

12.4.6. ПРОКЛАДКА ФРЕОНОВЫХ МАГИСТРАЛЕЙ

При прокладке фреоновых магистралей необходимо выполнять следующие требования.

1. Медные трубы не должны иметь трещин, вмятин, изломов. Концы трубок в процессе транспортировки, хранения и монтажа коммуникаций должны быть надежно заглушены с помощью пластмассовых заглушек.
2. Изгибы трубопроводов должны быть плавными. Стенки трубок на изгибах не должны собираться в гофры, на изгибах сломы не допускаются.
3. Фреоновые трубопроводы должны быть термоизолированы по всей длине. Стыки термоизолирующих трубок должны быть переклеены скотчем или клеем.
4. Теплоизолированные фреоновые трубопроводы должны быть защищены от механических воздействий по всей длине. Каждая труба должна иметь отдельную теплоизоляцию (рис. 12.4.20). Объединять трубы в одну теплоизоляцию не допускается.

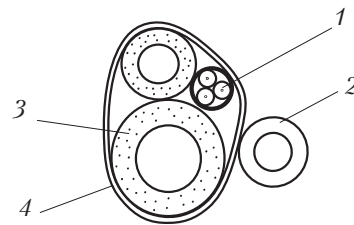


Рис. 12.4.20. Теплоизоляция фреоновых трубопроводов:

- 1 – электрический кабель;
- 2 – дренажный трубопровод;
- 3 – теплоизоляция;
- 4 – механическая защита (лента ПВХ)

Теплоизоляция не защищенных от механических воздействий фреоновых трубопроводов должна быть покрыта армированным влагостойким скотчем или лентой ПВХ, чтобы избежать атмосферных воздействий. Механическая изоляция может быть общей для трубопроводов, электрических проводов и дренажной трубы (рис. 12.4.20).

5. Фреоновые трубопроводы в штробах должны быть закреплены через каждые 0,6 м. Крепление в штробах на поворотах обязательно.
6. Ширина и глубина штроба должна быть достаточной для того, чтобы после укладки коммуникаций осталась возможность перекрыть их штукатурным раствором на глубину не менее 20 мм.

7. Закладка в штробы трубопроводов с паяными стыками, как правило, не допускается. В технически обоснованных случаях это возможно при условии проверки паяных стыков фреоновой магистрали избыточным давлением 20 бар в течение 18 часов. Давление может меняться только на величину, соответствующую изменению температуры окружающего воздуха:

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{P_1}{P_2},$$

где T_1, T_2 — температура окружающей среды до и после проверки соответственно;

P_1, P_2 — давление во фреоновой магистрали до и после проверки соответственно.

Внимание! Температура должна быть измерена в градусах Кельвина, а давление — в барах.

8. При прохождении фреоновыми трубопроводами ограждающих конструкций (стен, межэтажных перекрытий) обязательна установка стальных или пластмассовых гильз. После установки гильза заделывается теплоизоляцией и цементным раствором.
9. Как исключение допускается прохождение в гильзе фреоновых трубопроводов без теплоизоляции. Однако в этом случае пустоты в гильзе должны быть на всю глубину заполнены вспенивающимся герметиком.
10. В случае прокладки фреоновых трубопроводов за подвесным потолком допускается прокладка без защиты от механических воздействий. Трубопроводы подвешиваются на специальные кронштейны или перфорированную подвеску. Крепление фреоновых трубопроводов к уже существующим прочим коммуникациям, подвескам подвесного потолка не допускается.
11. Превышение длины фреоновых трубопроводов относительно предельно допустимой длины для данного типа систем кондиционирования не допускается.
12. Места паяных соединений фреоновых трубопроводов должны быть отмечены в исполнительной документации. Паяные соединения на теплоизолированном трубопроводе отмечаются полоской цветного скотча шириной 1 см.
13. Механические соединения фреоновых трубопроводов должны быть герметичны.

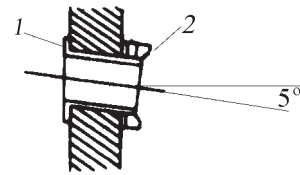


Рис. 12.4.21. Установка гильзы в стене:
1 — гильза;
2 — запорная шайба

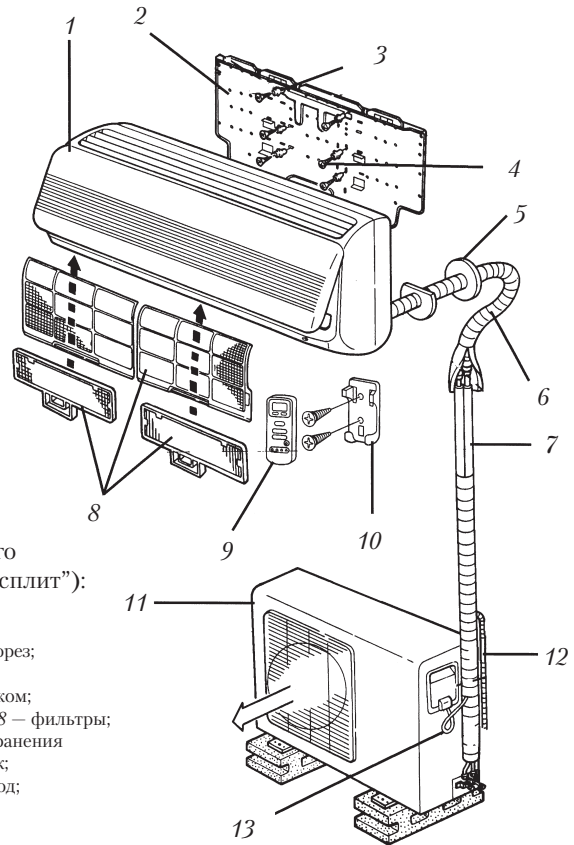


Рис. 12.4.22. Схема монтажа бытового кондиционера (типа “сплит”):

- 1 – внутренний блок;
- 2 – монтажная плата;
- 3 – дюбель; 4 – шуруп-саморез;
- 5 – запорная шайба;
- 6 – теплоизоляция с бандажом;
- 7 – фреоновая магистраль; 8 – фильтры;
- 9 – пульт; 10 – скоба для хранения пульта;
- 11 – наружный блок;
- 12 – дренажный трубопровод;
- 13 – электрический кабель

12.4.7. ОСОБЕННОСТИ МОНТАЖА ВСАСЫВАЮЩИХ МАГИСТРАЛЕЙ

На горизонтальных участках для возврата масла на всасывающем трубопроводе необходимо делать небольшой уклон в сторону компрессора. Если наклона не будет, то возможно образование застойных зон, откуда масло удалить будет сложно. С учетом уклона скорость на горизонтальных участках может быть снижена до 2,5 м/с. Увеличивать скорость более чем 20 м/с нецелесообразно по причине увеличения потерь давления и уровня шума движущегося газа.

На вертикальных участках масло будет подниматься, если скорость хладагента будет больше 5 м/с. Если диаметр вертикальной трубы больше 2 дюймов или если температура испарения ниже -10°C , минимальная скорость газа, необходимая для подъема масла во всасывающих трубопроводах, расположенных вертикально, должна быть 8–9 м/с.

На выходе испарителя, расположенного выше компрессора, необходимо делать U-образную маслоподъемную петлю, после чего всасывающий трубопровод следует поднять выше испарителя, чтобы не допустить стекания жидкого хладагента в компрессор (рис. 12.4.23).

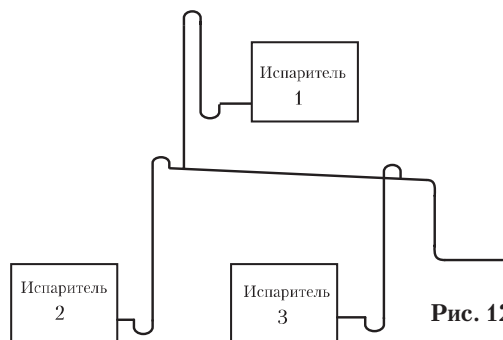


Рис. 12.4.23. Монтаж всасывающих магистралей (компрессор внизу)

В случае, если испаритель расположен ниже компрессора (рис. 12.4.24), на выходе испарителя также необходимо установить маслоподъемную петлю. Та часть трубопровода, которая имеет наклон в сторону компрессора, должна начинаться обратным сифоном, расположенным в самой верхней точке трубопровода таким образом, чтобы препятствовать попаданию масла в испаритель.

Для холодильных установок с регулируемой производительностью восходящие участки всасывающих трубопроводов выполняются из двух параллельных труб. Диаметр этих трубопроводов определяется таким образом, чтобы в сумме оба они обеспечивали возврат масла в компрессор при полной нагрузке. При частичной нагрузке труба большего диаметра оказывается закупоренной масляной пробкой, образованной в маслоподъемной петле, в результате чего скорость газового потока в трубе меньшего диаметра возрастет, обеспечивая возврат масла. Диаметр этой трубы должен определяться, исходя из условий обеспечения возврата масла при работе установки с минимальной производительностью.

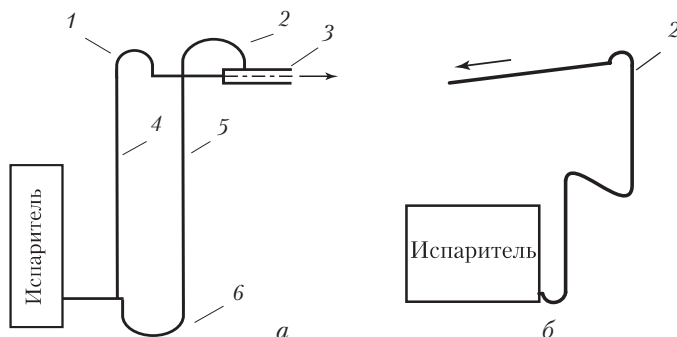


Рис. 12.4.24. Восходящие всасывающие трубопроводы:
a – компрессор снизу; *б* – компрессор сверху;
 1, 2 – обратный сифон в верхней части; 3 – коллектор всасывания; 4 – байпасный восходящий трубопровод;
 5 – основной восходящий трубопровод;
 6 – маслоподъемная петля

12.4.8. ОСОБЕННОСТИ МОНТАЖА НАГНЕТАТЕЛЬНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ

Если конденсатор располагается выше компрессора (например, в прецизионных кондиционерах с вынесенным конденсатором), возникает опасность, что во время остановки компрессора масло, выброшенное в нагнетательную магистраль, будет стекать назад в клапанную группу. Поэтому если разность по высоте между конденсатором и компрессором составляет более 3 м, необходимо предусмотреть в начале восходящего участка маслоподъемную петлю. Если разность уровней еще больше, то маслоподъемные петли нужно устанавливать через каждые 3 м. Кроме того, на выходе компрессора нужно устанавливать маслоотделитель.

Для установок с регулируемой производительностью необходимо устанавливать две параллельные линии, аналогично линии всасывания.

Для хладагентов, не смешиваемых с маслом (R717), эти меры применять не требуется.

12.4.9. ОСОБЕННОСТИ МОНТАЖА ЖИДКОСТНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ

Жидкостный трубопровод должен иметь наклон в сторону регулятора потока. Нельзя создавать перевернутые U-образные участки трубопроводов, в которых может сосредотачиваться газ. Как известно, газ в жидкостной магистрали ухудшает работу регулятора потока.

Для восходящих жидкостных трубопроводов длиной более 5 м рекомендуется переразмерить диаметр жидкостной трубы.

12.4.10. МОНТАЖ МАСЛОПОДЪЕМНЫХ ПЕТЕЛЬ

В маслоподъемной петле скапливается масло, унесенное хладагентом из компрессора.

Если маслоподъемных петель несколько, то масла, оставшегося в них, может быть довольно много. А это значит, что масла может не хватить для смазки компрессора. Поэтому при установке маслоподъемных петель необходимо:

- габаритные размеры маслоподъемных петель делать как можно меньше;
- после первого запуска установки добавить масло в контур до необходимого уровня в компрессоре.



Маслоподъемную петлю при больших диаметрах труб можно изготовить из 90° уголков. Но лучше всего использовать петли заводского изготовления (рис. 12.4.25).

2.4.11. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАМЕТРА ТРУБ ФРЕОНОВЫХ МАГИСТРАЛЕЙ

Рис. 12.4.25. Маслоподъемная петля

Обычно в руководствах по монтажу кондиционеров указываются диаметры труб фреоновой магистрали. Однако монтажники и проектировщики часто либо не имеют этих данных, либо хотят сделать отклонения от технической документации в силу обстоятельств, сложившихся на конкретном объекте.

Выбор диаметра труб фреоновой магистрали определяют три обстоятельства:

- потери давления на магистрали;
- обеспечение возможности возврата масла;
- скорость потока хладагента.

Потери давления напрямую влияют на холодопроизводительность установки. При возрастании потерь давления в трубопроводах холодопроизводительность падает, а потребляемая мощность увеличивается. Рост потерь давления пропорционален квадрату скорости хладагента в трубопроводе. Особенно влияют на холодопроизводительность потери давления в трубопроводах всасывания. Потери давления жидкостной магистрали можно рассматривать как незначительные.

Потери давления оцениваются по эквивалентному перепаду температур на фреоновой магистрали. Средние потери давления для трубопровода длиной 30 м не должны превышать 1–2 К. Исходя из этого, оптимальная скорость потока хладагента в трубопроводах холодильной установки должна иметь значения, указанные в таблице 12.4.9.

Таблица 12.4.9. Допустимая скорость хладагента в трубопроводе, м/с

Тип трубопровода	Хладагент	
	R12, R22, R502	R717
Всасывания	5–30	8–40
Нагнетания	8–20	10–30
Жидкостный	0,3–1,0	0,5–1,0

В результате хорошего растворения масла в жидком хладагенте циркуляция масла в жидкостной магистрали не вызывает проблем.

В магистралях нагнетания и всасывания масло и хладагент разделяются, поэтому необходимо применять определенные меры по возврату масла в компрессор.

Произведем расчет диаметра трубопровода всасывания для кондиционера холодопроизводительностью 5,0 кВт.

Исходные данные для расчета:

1. Холодопроизводительность, Вт,	5,0
2. Скорость потока газа, м/с,	5,0
3. Хладагент	R22
4. Теплота испарения хладагента R22 при температуре испарения +5 °С, кДж/кг,	201,0

Решение:

Массовый расход жидкого хладагента за 1с равен:

$$Q_m = \frac{P}{\Delta h} = \frac{5000 \text{ Дж/с}}{201 \text{ Дж/г}} = 25 \text{ г/с.}$$

Учитывая, что плотность R22 примерно 1,2 г/см³, объемный расход:

$$Q_v = \frac{25 \text{ г/с}}{1,2 \text{ г/см}^3} = 20,8 \text{ см}^3/\text{с.}$$

Так как объем газообразного хладагента R22 в 31 раз больше объема жидкости, объемный расход газа

$$Q_r = 20,8 \cdot 31 = 645 \text{ см}^3/\text{с,}$$

$$Q_r = V \cdot S = V \cdot \frac{\pi D^2}{4},$$

где V – скорость газа в трубопроводе,

S – площадь сечения трубопровода,

D – диаметр трубопровода всасывания.

Из этого следует, что

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 645}{3,14 \cdot 500}} = 1,28 \text{ см.}$$

То есть диаметр трубопровода всасывания должен быть 12,8 мм. Ближайший стандартный размер равен 1/2". Аналогично производится расчет линии нагнетания.

12.4.12. МОНТАЖ ТЕРМОРЕГУЛИРУЮЩИХ ВЕНТИЛЕЙ

При монтаже терморегулирующих вентилей необходимо выполнять следующие требования:

1. Корпус ТРВ устанавливается в горизонтальном положении на жидкостной магистрали как можно ближе к испарителю (рис. 12.4.26). Термосифон ТРВ должен находиться сверху.
2. Термобаллон должен быть установлен на трубопроводе всасывания так, чтобы его температура соответствовала температуре газа, выходящего из испарителя. Температура корпуса ТРВ должна быть выше температуры термобаллона.

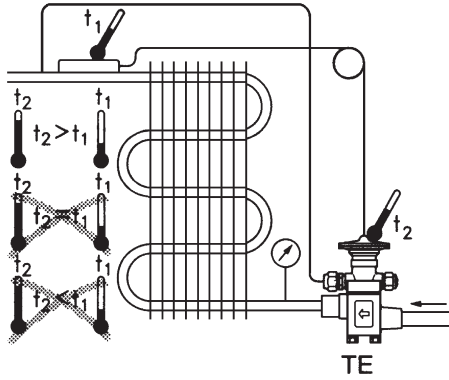


Рис. 12.4.26. Расположение элементов TRV

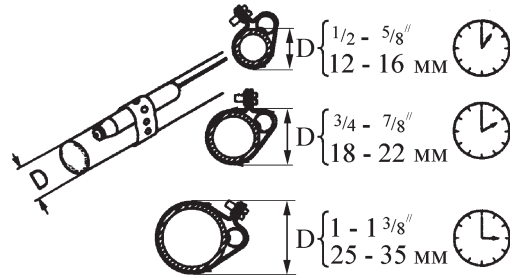


Рис. 12.4.27. Расположение термобаллона TRV на трубе

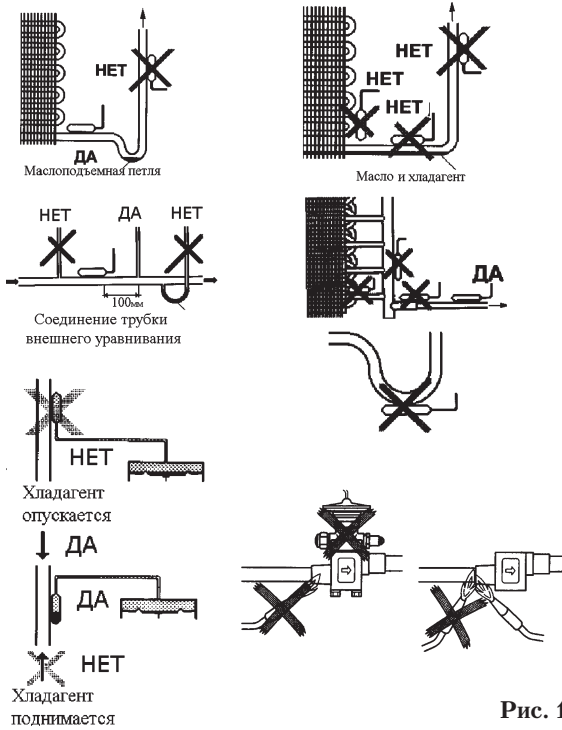
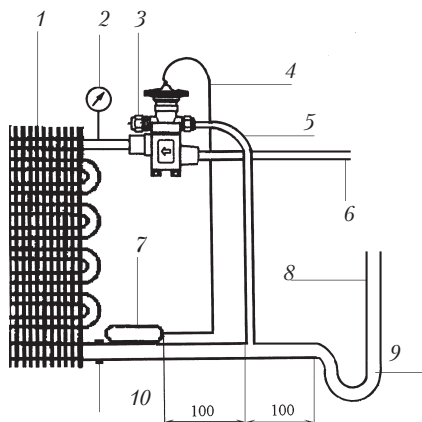


Рис. 12.4.28. Установка термобаллона и трубки уравнения давления TRV

3. Размещение термобаллона зависит от диаметра трубопровода всасывания (рис. 12.4.27):
 - диаметр трубопровода $< 5/8''$ (15,88 мм) — на “12–13 часов”;
 - диаметр трубопровода от $3/4''$ (18 мм) до $7/8''$ (22 мм) — на “14 часов”;
 - диаметр трубопровода от $1''$ (25,4 мм) до $1\frac{3}{8}''$ (35 мм) — на “15 часов”;
 - диаметр трубопровода более $1\frac{3}{8}''$ (35 мм) — на “16 часов”.
4. Нельзя устанавливать термобаллон внизу трубы или на маслоподъемной петле, так как находящееся там масло искажает реальную температуру газа.
5. Укреплять термобаллон следует только с помощью специального хомута, прилагаемого в комплекте с ТРВ. Применение другого крепежного материала категорически запрещается из-за деформации температурного поля и возможности ослабления контакта термобаллона с трубопроводом. Крепежный хомут должен быть затянут настолько, чтобы термобаллон нельзя было повернуть рукой.
6. Термобаллон должен устанавливаться как можно ближе к выходу испарителя на горизонтальном участке (рис. 12.4.28). При установке термобаллона на вертикальном участке в момент запуска кондиционера жидкость, скопившаяся в нижней части трубопровода и в маслоподъемной петле, начинает испаряться, сильно охлаждая всасывающую магистраль. В результате могут возникнуть пульсации ТРВ, описанные в разделе 4. Если нет возможности установить термобаллон на горизонтальной трубе, то, как исключение, термобаллон может быть установлен так, чтобы поток хладагента был направлен сверху вниз. Капиллярная трубка должна подходить к термобаллону сверху, а термобаллон должен быть направлен вниз.
7. Термобаллон нельзя располагать на месте пайки трубопровода.
8. Термобаллон должен быть тщательно теплоизолирован, чтобы наружный воздух не влиял на работу ТРВ.
9. Перед установкой термобаллона на трубопроводе места прилегания должны быть тщательно очищены. Желательно на место прилегания нанести теплопроводную пасту.
10. Уравнивающая труба ТРВ должна подходить к трубопроводу сверху и устанавливаться на расстоянии 100 мм от термобаллона.
11. Расстояние от уравнивающей трубки до маслоподъемной петли должно быть не менее 100 мм.
12. Если хладагент подается в испаритель через распределитель жидкости, то длины всех трубок, соединяющих распределитель с соответствующими секциями испарителя, должны быть одинаковыми.
13. Пайку неразборного ТРВ следует производить при охлаждении корпуса ТРВ смоченной ветошью. Разборный ТРВ можно паять только в разобранном виде, сняв верхнюю часть корпуса и дроссельный клапан.

Рис. 12.4.29. Типовой монтаж ТРВ:
 1 – испаритель; 2 – манометр;
 3 – регулировочный винт;
 4 – капиллярная трубка термобаллона;
 5 – уравнивающая трубка; 6 – жидкостная магистраль;
 7 – термобаллон;
 8 – газовая магистраль;
 9 – маслоподъемная петля;
 10 – место сая трубопровода



14. Настройка ТРВ производится по методике, изложенной в разделе 4.

12.5. МОНТАЖ ДРЕНАЖНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Дренажный трубопровод выполняется из пластмассовых труб диаметром 16–25 мм. На поворотах можно использовать гибкие шланги. Трубопровод, в котором конденсат стекает самотеком, должен иметь уклон не менее 100 : 1 (снижение на 1 см на длине трубы 1 м). Если отвод конденсата самотеком обеспечить невозможно, устанавливаются конденсатные насосы (табл. 12.5.1).

Дренажный трубопровод должен быть надежно прикреплен к потолку или стене с помощью хомутов. Количество подвесок, крепежных хомутов должно быть достаточным для того, чтобы исключить провисание отдельных участков. Дренажный трубопровод должен быть герметичным. Стенки труб и шлангов проклеивают клеями на силикатной основе. Стыковка дренажных труб различных диаметров не допускается.

В штробах дренажные трубопроводы закрепляются через каждые 0,6 м. Крепления в штробах на поворотах обязательны.

Допускается прокладка дренажного трубопровода совместно с фреоновой магистралью и электрическим кабелем. Изгибы дренажных трубопроводов, выполненные гибким шлангом, должны быть плавными с радиусом не менее 8 диаметров. При опускании дренажной трубы до уровня земли между концом дренажной трубы и землей должно быть расстояние не менее 50 мм (рис. 12.5.1, а). При переходе через стену дренажная труба должна иметь уклон наружу не менее 5°.

Таблица 12.5.1. Технические характеристики конденсатных насосов

Тип насоса	Фирма-изготовитель	Питающее напряжение, В	Производительность, л/час	Потребляемая мощность, Вт	Макс. подъем воды, м	Макс. длина дренажного трубопр., м	Диаметр присоединительного патрубка, мм
Split System Micro Pump	EPC International LTD, Англия	220 50 Гц	15	18	5	30	6
Micro Pump	EPC International LTD, Англия	220 50 Гц	9	18	3	30	6
Micro Pump	EPC International LTD, Англия	220 50 Гц	75	32	9	30	6

Подъемные петли не допускаются (рис. 12.5.1, з). При сбросе конденсата в емкости дренажная труба должна заканчиваться выше возможного уровня воды в емкости (рис. 12.5.1, в). При сбросе воды в колодцы конец дренажной трубы не должен доходить до уровня воды в колодце (рис. 12.5.1, д). Отвод конденсата в канализацию необходимо выполнять только с устройством водяного затвора. Предпочтительно использовать стандартные сантехнические сифоны. Ввод дренажных трубопроводов в канализацию допускается выполнять с применением стандартных канализационных тройников. Сверление и пробивка канализационных труб не допускается.

Если дренажный трубопровод выводится из помещения, а кондиционер зимой планируется использовать в режиме охлаждения, то при температуре наружного воздуха ниже 0° часть дренажной трубы, находящаяся вне помещения, должна обогреваться.

В качестве нагревателя может использоваться саморегулирующийся нагревательный кабель удельной мощностью 10–18 Вт/м при напряжении 220 В. Например, кабель PIPEGUARD-10 (10 Вт/м при $t = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$) или кабель PIPEGUARD-15 (15 Вт/м при $t = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$). Если саморегулирующегося кабеля нет, можно использовать нагревательный кабель (например, окольцованный двужильный экранированный кабель DTIP (длина 5–22 м) или одножильный кабель DSIG-20 фирмы De-vi). Двужильный кабель прокладывается внутри медной трубы, которая должна быть теплоизолированной.

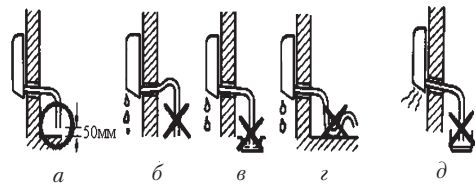
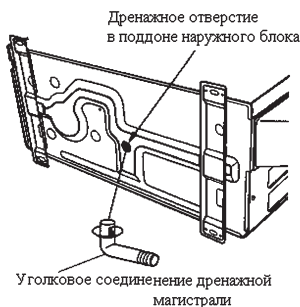
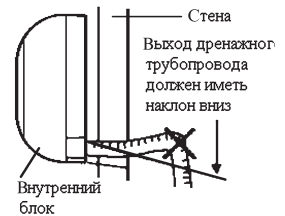


Рис.12.5.1. Особенности монтажа дренажного трубопровода

Одножильный кабель частично (в одну сторону) прокладывается внутри трубы и частично на поверхности трубы. Труба с нагревательным проводом обязательно утепляется теплоизоляционным чулком типа “Армафлекс”. Теплоизоляция защищается лентой (скотчем), армированной влагостойкой по всей длине. Для нагревательного кабеля DTIP-18 и DSIG-20 необходимо устанавливать регулятор температуры в диапазоне от $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Установка требуемой температуры производится на регуляторе.

Оценка качества смонтированного дренажного трубопровода выполняется промывкой водой следующим образом:

- трубопровод продувается воздухом;
- определенное количество воды заливается в поддон для сбора конденсата внутреннего блока или на испаритель;
- вылившуюся из трубопровода воду собирают и оценивают ее количество.

При правильном монтаже трубопровода количество залитой в трубопровод воды должно соответствовать количеству воды, вылившейся из него.

12.6. КОНТРОЛЬ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ХОЛОДИЛЬНОГО КОНТУРА

Контроль герметичности холодильного контура производят путем подачи в контур избыточного давления, превышающего рабочее давление в 1,5 раза (опрессовка). При наличии в холодильном контуре элементов, чувствительных к такому давлению (например, предохранительные клапаны), их необходимо снять, а на их место поставить заглушки. После испытаний снятые элементы устанавливаются на место.

Опрессовку холодильной установки (кроме установок с хладагентом R717) следует производить сухим азотом. Сухой азот имеет сухость от 99,99 % (30 ppm) до 99,9995 % (2 ppm). В 50-литровом баллоне азота при давлении 200 бар и сухости 30 ppm содержится 1,5 г влаги. Если проверку герметичности системы произвести сжатым воздухом, то в ней сосредоточится 25–50 г влаги. При таком остатке влаги установка может оказаться неработоспособной.

Установки, работающие на аммиаке, могут опрессовываться воздухом, поскольку влага не нарушает работу таких установок.

Баллон с сухим азотом соединяется с холодильной установкой через редуктор, так как давление в баллоне достигает 200 бар. Повышение давления в установке осуществляется ступенями с одновременным контролем герметичности. Если обнаружено снижение давления, следует в разъемных соединениях, пайках и заглушках искать неплотности методом омыливания. Появление пузырей является признаком утечки.

Если методом омыливания найти утечку не удастся, установку по частям опускают в воду (но так, чтобы в воде не оказались элементы автоматики). Можно в контур к сухому азоту добавить небольшое количество хладагента и поиск осуществлять течеискателями (рис. 12.6.1).

Если установка аммиачная и проверка производится сжатым воздухом, то добавлять аммиак нельзя, так как смесь аммиака с воздухом в пределах концентрации аммиака от 15,5 до 27% по объему является взрывоопасной.

Проверка герметичности опрессовкой длится 24 часа. Давление в трубопроводе может измениться только на величину, соответствующую изменению температуры окружающей среды в соответствии с законом Шарля:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}.$$

При этом значения температур следует брать по шкале Кельвина.



Рис. 12.6.1. Течеискатели утечки хладагента

12.7. ВАКУУМИРОВАНИЕ ХОЛОДИЛЬНОГО КОНТУРА

Вакуумирование холодильного контура производится с целью удаления из контура воздуха и газа после опрессовки и, самое главное, для понижения содержания влаги. Как было показано ранее, наличие влаги в контуре может привести к забивке льдом регуляторов подачи, четырехходового клапана, с большой вероятностью к выходу из строя компрессора.

Для удаления влаги из контура насосом необходимо, чтобы вода из жидкого состояния перешла в газообразное. Для этого при нормальном атмосферном давлении необходимо нагреть воду до состояния кипения или значительно понизить давление. Так как в контуре поднять температуру не представляется возможным, то используются вакуумные насосы, понижающие давление.

На рис. 12.7.2 показано, как меняется парциальное давление паров в насыщенном влагой воздухе в зависимости от температуры. Из графика видно, что для кипения воды при температуре $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ давление должно быть снижено до 23 мбар, а при температуре $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ — до 6 мбар. Отсюда следует, что вакуумировать контур целесообразно при повышенной температуре. Для этого можно при вакуумировании нагревать теплообменник контура потоком горячего воздуха.

Глубина вакуума, которая считается достаточной для кондиционеров, составляет 1 мбар. Для вакуумирования применяют насосы (одноступенчатые, двухступенчатые с газовым балластом) производительностью $10\text{--}60\text{ м}^3/\text{ч}$ при глубине вакуума около 0,4 мбара.

При вакуумировании рекомендуется закрыть всасывающий вентиль насоса и отвакуумировать внутреннюю область и вакуумное масло насоса до 6,6 мбара (при этом насос станет достаточно горячим), после чего открыть вентиль.



Рис. 12.7.1. Вакуумные насосы

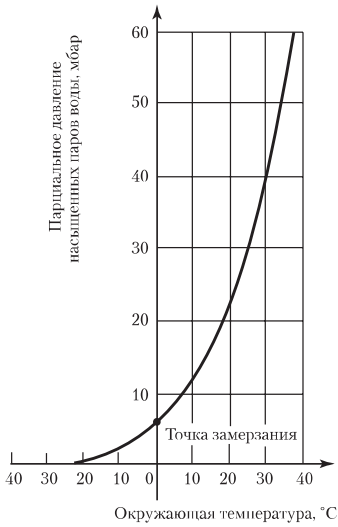


Рис. 12.7.2. Зависимость парциального давления паров воды от температуры

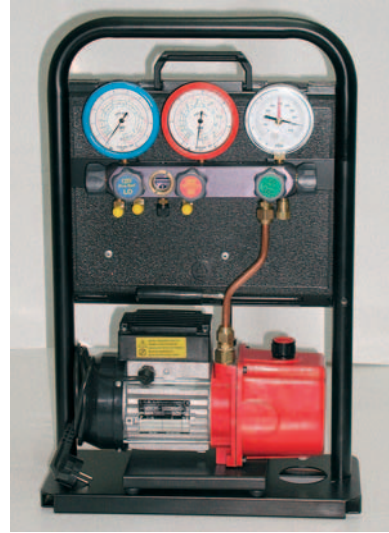


Рис. 12.7.3. Вакуумный насос с манометрическим коллектором

Схема подключения оборудования для вакуумирования системы, эвакуации и заправки хладагента приведена на рис. 12.7.4. Время вакуумирования зависит от внутреннего объема холодильного контура, количества влаги в контуре и окружающей температуры. Как только вакуум достигнет 1 мбара, вентиль, идущий к вакуумному насосу, можно

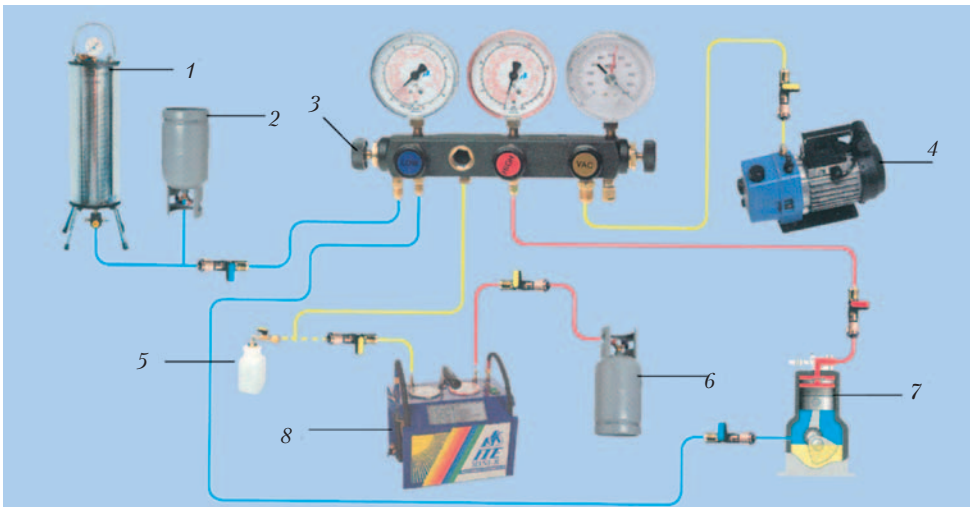


Рис. 12.7.4. Универсальная схема подключения оборудования для вакуумирования системы, эвакуации и заправки хладагента:

1 – заправочный цилиндр; 2 – заправочный баллон; 3 – пятивентильный коллектор; 4 – вакуумный насос; 5 – цилиндр для отбора проб хладагента; 6 – баллон для эвакуации хладагента; 7 – холодильный контур; 8 – станция эвакуации хладагента

закрывать, а насос выключить.

Необходимо обращать внимание на шланги вакуумного насоса. При тонких и длинных шлангах падение давления будет очень большим; производительность насоса уменьшается, из-за чего увеличивается время вакуумирования. В некоторых случаях не удастся получить необходимый вакуум.

В контурах с капиллярной трубкой вакуумирование производят с линии всасывания через заправочный коллектор. В системах с ТРВ вакуумирование следует производить как с линии всасывания, так и с линии нагнетания.

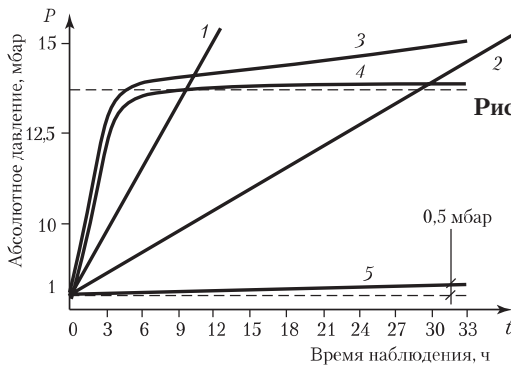


Рис. 12.7.5. Проверка качества

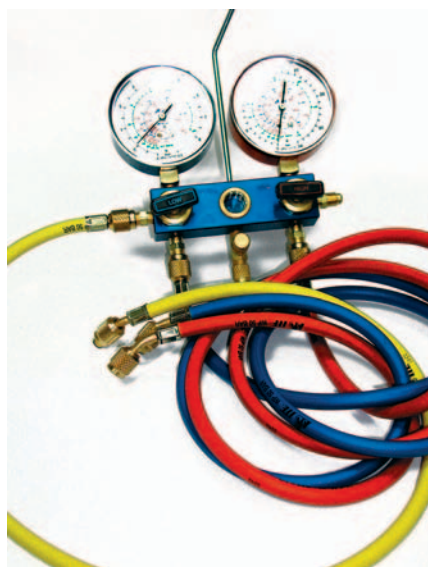
вакуумирования холодильного контура:

1 — контур обезвожен, но имеет значительную утечку; 2 — контур обезвожен, но степень герметичности недостаточная; 3 — контур плохо обезвожен и недостаточно герметичен; 4 — контур герметичен, но недостаточно обезвожен; 5 — контур полностью обезвожен и совершенно герметичен

После завершения вакуумирования необходимо перекрыть вентили, через которые производилось вакуумирование, и наблюдать характер изменения вакуума в контуре. Возможные варианты изменения степени вакуума показаны на рис. 12.7.5.

Если в течение 24 часов вакуум изменится до 0,5 мбара (линия 5), можно считать, что контур полностью обезвожен и герметичен. Кривая 4 соответствует герметичной, но изначально плохо обезвоженной системе. Кривая 3 — контур недостаточно герметичен и плохо обезвожен. Кривая 2 — контур обезвожен, но степень герметичности недостаточна. Линия 1 — контур обезвожен, но имеет значительную утечку.

Если вакуумирование производится после вскрытия контура (после ремонта), то следует помнить, что отобрать из контура влагу, покрытую пленкой масла, крайне сложно, и время вакуумирования значительно увеличивается. В этом случае нужно вакуумировать через фильтр-осушитель.



а



б

Рис. 12.7.6. Манометрические коллекторы:

а – двухвентильный стрелочный;
б – двухвентильный цифровой

Поэтому при ремонте и любом вскрытии контура необходимо заменить фильтр-осушитель. Степень влажности хладагента оперативно можно оценить тестированием прибором, показанным на рис. 12.7.7. При повышенной влажности в холодильный контур необходимо установить сменный фильтр. В процессе наладки холодильной установки фильтры необходимо менять несколько раз до тех пор, пока не будет достигнута необходимая степень влажности хладагента.

Тип масла можно оперативно определить с помощью оптического рефрактометра (рис. 3.3.11).



Рис. 12.7.7. Прибор для оперативного определения степени влажности хладагента

12.8. ЗАПРАВКА ХЛАДАГЕНТА

Заправку хладагента производят после завершения процесса вакуумирования и выдержки для определения степени вакуума. Для этого шланг вакуумного насоса снимают и накручивают на вентиль баллона. Немного открутив гайку на другом конце заправочного шланга, следует открыть вентиль баллона и продуть заправочный шланг хладагентом. Закрутить гайку и закрыть вентиль баллона. Заправку необходимо производить, взвешивая баллон хладагента на весах. Если заправка производится жидким хладагентом, баллон нужно перевернуть вверх дном.

Внимание! Холодильная машина должна быть выключена!

При заправке баллон охлаждается, и давление в нем падает, становится ниже, чем давление в заправляемом контуре. Поэтому баллон с хладагентом в процессе нужно подогревать. Подогрев баллона можно производить путем опускания его в подогретую воду. Но лучше использовать электронагревательный пояс (рис. 12.8.1), который имеет термоконтакт, отключающий нагрев при $+50^{\circ}\text{C}$ (18,4 бара для R22). По соображениям безопасности нельзя подогревать баллон газовой горелкой или любым другим способом, который может привести к местному перегреву. Заправлять хладагент необходимо по массе. Для этой операции лучше всего использовать специальные весы с электронным



Рис. 12.8.1. Заправочный баллон с электронагревателем

отсекателем (рис. 12.8.2), позволяющим заправить установку строго определенным количеством хладагента. Если для заправки используется заправочный цилиндр (рис. 12.8.3), то в него предварительно заливают только такое количество хладагента, которое необходимо для заправки данной установки.

В установках, оснащенных конденсатором с водяным охлаждением, при заполнении их хладагентом можно не прекращать циркуляцию воды в конденсаторах, чтобы путем понижения температуры конденсатора облегчить процесс заправки установки хладагентом.

Заправку неазеотропных хладагентов производить только в жидкой фазе.



Рис. 12.8.2. Весы электронные с отсекаем хладагента



Рис. 12.8.3. Заправочный цилиндр

Баллоны с R407C (R410A) оборудованы специальным патрубком, вмонтированным в днище. С этого патрубка через жидкостный вентиль подается жидкая фаза хладагента. Рекомендуется сначала заправить 80 % массы хладагента на линию высокого давления при выключенном компрессоре. Остальной хладагент заправляют в линию всасывания (при неработающем компрессоре!). Подробно см. раздел 3.3.

12.9. НАЛАДКА, ИСПЫТАНИЕ И СДАЧА СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

Перед включением установки необходимо измерить напряжение питания электрической сети и убедиться, что оно соответствует требованиям технических условий на установку. Затем проверяют сопротивление



Рис. 12.9.1. Мегометр для измерения сопротивления изоляции



Рис. 12.9.2. Клещи токовые

электрической изоляции, которое должно быть не менее 10 МОм.

Если производится наладка кондиционера с разветвленной вентиляционной сетью, то сначала включают вентиляторы и производят наладку сети, как описано в разделе 10.

После заправки хладагента и перед включением установки необходимо включить подогреватель картера компрессора и выдержать под нагревом в течение времени, оговоренного в технических условиях (для систем типа КХ — не менее 6 часов).

Включив установку, необходимо с помощью токовых клещей (рис. 12.9.2) измерить рабочий ток. После этого наблюдают за показаниями манометров всасывания и нагнетания, уровнем масла в компрессоре, состоянием хладагента через смотровое стекло, установленное на выходе конденсатора.

Если количество хладагента достаточно, после выхода установки на заданный режим в смотровом стекле в линии нагнетания будет виден сплошной поток жидкости без газовых пузырьков. При наличии пузырьков хладагента добавляют газовую фракцию при работающем



Рис. 12.9.3. Трубка Пито для измерения давления воздушного потока (из комплекта Testo-950)



Рис. 12.9.4. Универсальный электронный термометр

компрессоре, если хладагент азеотропный, и жидкостную фракцию при остановленном компрессоре, если хладагент неазеотропный.

Если в установке есть ресивер, то на время дозаправки перекрывают запорный вентиль жидкостного ресивера и внимательно наблюдают за ростом уровня жидкости в нем и значением давления нагнетания.

Нормальной считается заправка жидкостного ресивера на $1/3$ его объема.

Установка должна работать до тех пор, пока температура в помещении не достигнет заданного значения. После этого приступают к регулировке ТРВ, как описано в разделе 4.

После завершения наладки проводят приемо-сдаточные испытания по программе, согласованной с заказчиком, и оформляют протокол испытаний.

Заказчику передается исполнительная проектная документация, эксплуатационный (гарантийный) паспорт на установку, руководство по эксплуатации, техническое описание, протокол испытаний. После выполнения этих работ подписывается акт передачи установки в эксплуатацию в соответствии с ДБН. А. 31-3-94.