

Данная глава содержит 4 раздела:

Стр.

Инструкция по монтажу	65
Компрессорно-конденсаторные агрегаты	83
Ремонт герметичных систем охлаждения	97
Практическое применение хладагента R290 (пропана) в небольших герметичных холодильных установках	117

Содержание

	Стр.
1.0 Введение	67
2.0 Компрессор	67
2.1 Маркировка	67
2.2 Компрессоры с низким и высоким пусковым моментом	68
2.3 Температура обмотки и устройства защиты компрессора	68
2.4 Резиновые прокладки	68
2.5 Минимальная температура окружающего воздуха	69
3.0 Поиск неисправностей	69
3.1 Срабатывание защиты компрессора	69
3.2 Взаимодействие пускового устройства типа РТС и устройства защиты компрессора	69
3.3 Проверка устройства защиты и измерение сопротивления обмотки	69
4.0 Вскрытие системы охлаждения	69
4.1 Горючие хладагенты	70
5.0 Монтаж компрессора	70
5.1 Патрубки компрессора	70
5.2 Расширение патрубков	71
5.3 Переходники	72
5.4 Припой	72
5.5 Пайка	73
5.6 Соединение типа Lokring	74
5.7 Осушители	74
5.8 Осушители и хладагенты	75
5.9 Осушители с капиллярной трубкой	75
6.0 Электрооборудование	76
6.1 Пусковое устройство компрессоров с низким пусковым моментом (LST)	76
6.2 Пусковое устройство компрессоров с высоким пусковым моментом (HST)	77
6.3 Пусковое оборудование типа CSR для компрессоров HST	79
6.4 Оборудование для сдвоенных компрессоров SC	79
6.5 Блок управления для компрессоров с переменной скоростью вращения электродвигателя	80
7.0 Вакуумирование	80
7.1 Вакуумные насосы	81
8.0 Заправка системы хладагентом	81
8.1 Максимальная заправка	81
8.2 Закрытие технологического отвода	81
9.0 Испытания	82
9.1 Проверка системы	82

1.0 Введение

При установке компрессора в новую систему очень важно правильно выбрать тип компрессора, удовлетворяющего техническим характеристикам системы, и провести его испытания. При замене неисправного компрессора часто просто невозможно достать такой же компрессор, какой был установлен в систему. В этом случае необходимо проводить сравнение характеристик компрессоров.

Длительный срок службы компрессора может быть обеспечен только при правильном техническом обслуживании агрегата, чистке и сушке всех его компонентов.

При выборе компрессора необходимо учитывать тип хладагента, напряжение и частоту электропитания, область эксплуатации, производительность компрессора, условия пуска и охлаждения.

По возможности, выбирайте компрессор с хладагентом того же типа, который был заправлен в систему.

2.0 Компрессор

Компания Данфосс выпускает компрессоры типа P, T, N, F, SC и SC Twin.

Компрессоры с напряжением питания электродвигателя 220 в оснащены заводской табличкой желтого цвета, на которой указан тип компрессора, напряжение и частота электропитания, область эксплуатации, условия пуска, тип хладагента и кодовый номер.

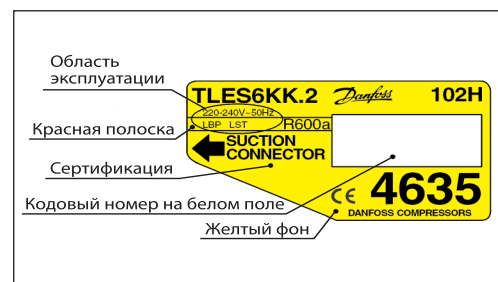
Компрессоры с напряжением 115 в имеют табличку зеленого цвета.

Маркировка LST/HST означает, что пусковые характеристики компрессора зависят от электрооборудования.



Am0_0024

Тип компрессора и его кодовый номер можно определить по этикетке, наклеенной на боковой поверхности компрессора (по этим данным в технической документации можно определить все характеристики компрессора).



Am0_0025

2.1 Маркировка

Пример маркировки компрессоров

T L E S 4 F K			
Основное исполнение (P, T, N, F, S)			
L, R, C = Электродвигатель с внутренней защитой			
T, F = Электродвигатель с внешней защитой			
LV = Электродвигатель с регулируемой скоростью вращения электродвигателя			
E = Экономичный режим			
Y = Высокоэкономичный режим			
S = Полупрямое всасывание			
Номинальная объемная производительность в см ³			
	A = LBP / (MBP)	R12	Пустая позиция = LST / HST K = с капиллярной трубкой (LST) X = с терморегулирующим вентилем (HST)
	AT = LBP (Тропическое исполнение)	R12	
	B = LBP / MBP / HBP	R12	
	BM = LBP (240 V)	R22	
	C = LBP	R502 / (R22)	
	CL = LBP	R404A/ R507	
	CM = LBP	R22 / R502	
	CN = LBP	R290	
	D = HBP	R22	
	DL = HBP	R404A/ R507	
	F = LBP	R134a	
	FT = LBP (Тропическое исполнение)	R134a	
	G = LBP/MBP/HBP	R134a	
	GH = Тепловые насосы	R134a	
	GNH = Оптимизированные тепловые насосы	R134a	
	H = Тепловые насосы	R12	
	HH = Оптимизированные тепловые насосы	R12	
	K = LBP/(MBP)	R600a	
	KT = LBP (Тропическое исполнение)	R600a	
	MF = MBP	R134a	
	ML = MBP	R404A/R507	

2.1 Маркировка (продолжение)

Первая буква в обозначении компрессора (P, T, N, F или S) указывает его серию, вторая буква указывает место установки устройства защиты электродвигателя.

Буквы E, Y и X указывают на возможность работы в экономичном режиме. Буква S указывает на полупрямое всасывание. Буква V означает, что компрессор оснащен электродвигателем с регулируемой скоростью вращения. В компрессорах всех этих типов используется стандартный всасывающий патрубок. Использование нестандартного патрубка приводит к понижению производительности компрессора и его эффективности.

Цифра в обозначении указывает объемную производительность компрессора в см³. В компрессорах типа PL эта цифра указывает номинальную производительность.

Буква, стоящая после производительности, указывает тип хладагента, а также назначение компрессора (см. пример). Сочетание LBP (низкое противодавление) указывает на низкие температуры кипения, обычно от -10 до -35 или даже -45 °C, что дает возможность использования этих компрессоров в холодильных установках морозильников и рефрижераторов с морозильными камерами.

Сочетание MBP указывает на средние температуры кипения, в основном от -20 до 0 °C, которые бывают в холодильных камерах, охладителях молока, фризерах для производства мороженого и водоохладителях.

Сочетание HBP указывает на высокие температуры кипения, в основном от -5 до +15 °C, при которых работают осушители и некоторые охладители жидкости.

Дополнительный символ T указывает на тропическое исполнение компрессора. Это означает, что компрессор может работать при высокой температуре воздуха и нестабильных характеристиках электропитания.

Последняя буква в обозначении компрессора указывает пусковой момент. Если, как правило, компрессор предназначен для работы с низким пусковым моментом (LST) или высоким пусковым моментом (HST), это поле остается пустым. Пусковые характеристики компрессора зависят от установленного электрооборудования.

Буква K указывает на возможность работы с капиллярной трубкой и выравниванием давления при остановке компрессора (LST), а X — на возможность работы с терморегулирующим вентилем при отсутствии выравнивания давления (HST).

2.2 Низкий и высокий пусковой момент

Описание электрооборудования можно найти в технической документации (см. раздел 6.0).

Компрессоры с низким пусковым моментом (LST) могут использоваться только в системах охлаждения с расширительными устройствами в виде капиллярных трубок с выравниванием давления между сторонами всасывания и нагнетания при каждом отключении компрессора.

При применении пускового устройства типа PTC (LST) требуется, чтобы время отключения компрессора составляло не менее 5 минут. Это время, необходимое для остывания пускового устройства.

Пусковое устройство HST, дающее возможность компрессору развивать высокий пуско-

вой момент, используется для пуска компрессора, установленного в системах охлаждения с терморегулирующим вентилем и в системах с капиллярной трубкой без выравнивания давлений перед включением.

Компрессоры с высоким пусковым моментом (HST) обычно используют в качестве пускового устройства реле и пусковой конденсатор.

Пусковые конденсаторы предназначены для кратковременной работы.

Маркировка "1.7% ED", указанная на пусковом конденсаторе, означает, что данный конденсатор выдерживает не более 10 включений в час с продолжительностью каждого включения не более 6 с.

2.3 Температура обмотки и защита электродвигателя

Компрессоры Данфосс, в основном, оборудованы встроенной защитой электродвигателя (защитой обмотки) (см. также раздел 2.1).

При пиковых тепловых нагрузках на систему температура обмотки не должна превышать 135 °C.

При равномерной тепловой нагрузке температура обмотки не должна превышать 125 °C. Более подробная информация приведена в технической документации на компрессор.

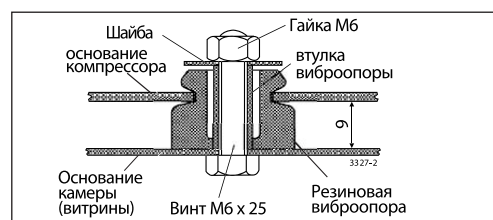
2.4 Резиновые прокладки

Перед монтажом установите компрессор вертикально. Это поможет исключить возможность скапливания масла в патрубках и соответствующие проблемы с их пайкой.

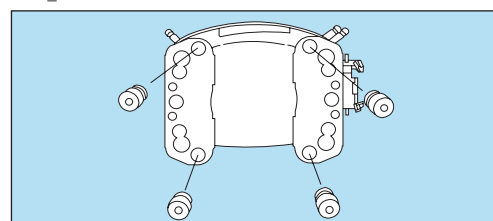
Положите компрессор на бок патрубками вверх и вставьте в основание компрессора резиновые прокладки с втулками.

Не переворачивайте компрессор.

Закрепите компрессор на раме.



Am0_0026



Am0_0027

2.5
При низкой температуре
окружающего воздуха

Во избежание проблем при пуске компрессора дайте ему прогреться до температуры +10 °C.

3.0 Поиск неисправностей

Компрессор может не работать по многим причинам. Перед тем как заменить компрессор убедитесь, что он действительно неисправен.

Порядок поиска и устранения неисправностей приведен в разделе «Поиск и устранение неисправностей».

3.1
Срабатывание защиты
компрессора

Если сработало устройство защиты холодного компрессора, подождите около 5 минут, пока оно не возвратится в исходное состояние.

Если сработало устройство защиты теплового компрессора (температура корпуса компрес-

сора составляет выше 80 °C), время возврата устройства защиты в исходное состояние увеличивается. До повторного включения компрессора должно пройти около 45 минут.

3.2
Взаимодействие пускового
устройства типа PTC
и устройства защиты
компрессора

Время охлаждения пускового устройства PTC перед повторным включением компрессора с полным пусковым моментом составляет около 5 минут.

Кратковременное отключение электропитания, недостаточно продолжительное для полного охлаждения пускового устройства PTC, может привести к невозможности включения компрессора в течение 1 часа.

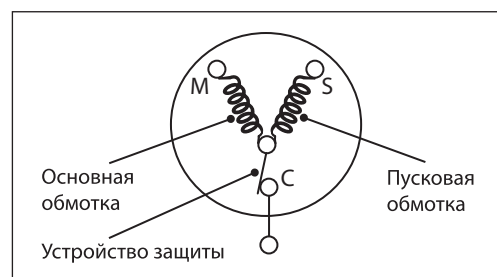
Пусковое устройство не сможет включить компрессор при восстановлении устройства защиты, так как процесс выравнивания давления еще не завершился. Поэтому время возврата устройства защиты в исходное состояние должно быть достаточно продолжительным.

Указанное несоответствие устраняется отключением установки от сети электропитания на 5–10 минут.

3.3
Проверка устройства
защиты и измерение
сопротивления обмотки

При выходе компрессора из строя измерьте электрическое сопротивление фаз электродвигателя. Это позволит определить причину дефекта, который может произойти вследствие повреждения обмотки электродвигателя или временного отключения устройства защиты.

Если измерения покажут, что электрическая связь между точками M и S не нарушена, а между точками M и C, а также между точками S и C имеется обрыв цепи, это значит, что сработало устройство защиты обмоток. Подождите, пока оно не возвратится в исходное состояние.



Am0_0028

4.0 Вскрытие системы охлаждения

Не вскрывайте систему охлаждения до того как будут готовы все компоненты, предназначенные для проведения ремонта.

Компрессор, фильтр-осушитель и другие компоненты системы не распаковывайте до начала сборки системы.

Вскрытие неисправной системы можно проводить различными способами в зависимости от используемого в ней хладагента.

Установите в систему сервисный клапан и слейте весь хладагент.

Горячий хладагент, если он заправлен в небольшом количестве, слейте с помощью шланга.

Продуйте систему сухим азотом.

4.1
Горючие хладагенты

Хладагенты R600a и R290 являются углеводородными соединениями. Эти хладагенты огнеопасны и допущены к применению в холодильных установках только при соблюдении требований, изложенных в последней редакции стандарта EN/IEC 60335-2-24 (Исключение потенциальной опасности при использовании горючих хладагентов).

Хладагент	R600a	R290
Нижний предел воспламеняемости	1,55% по объему (38 г/м³)	2,1% по объему (39 г/м³)
Верхний предел воспламеняемости	8,5% по объему (203 г/м³)	9,5% по объему (177 г/м³)
Температура воспламенения	460°C	470°C

Техническое обслуживание и ремонт систем охлаждения с хладагентами R600a и R290 должны проводиться квалифицированными специалистами, знакомыми с обращением с горючими хладагентами.

Сюда входят также умение обращаться с инструментами, знание правил транспортировки компрессора и хладагентов, а также правил и инструкций по технике безопасности при проведении технического обслуживания и ремонта.

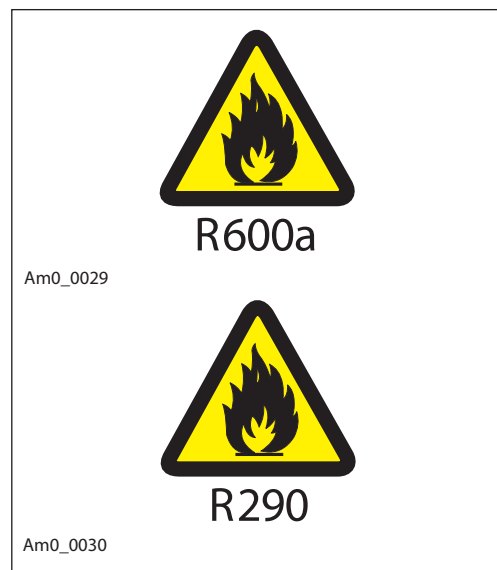
Не пользуйтесь открытым огнем при работе с хладагентами R600a и R290.

Компрессоры Данфос, предназначенные для работы с хладагентами R600a и R290, имеют предупреждающую этикетку желтого цвета, показанную на рисунке справа.

Небольшие компрессоры с хладагентом R290 серии T и N являются компрессорами типа LST. Они часто работают совместно с таймерами, обеспечивающими достаточный интервал времени для выравнивания давления.

Более подробная информация приведена в разделе «Практическое использование хладагента R290 (пропана) в небольших герметичных системах охлаждения».

В этой связи хладагенты R600a и R290 разрешается применять только в бытовых системах охлаждения, предназначенных для хладагентов этого типа при условии выполнения требований указанного стандарта. Хладагенты R600a и R290 тяжелее воздуха и скапливаются возле пола. Пределы воспламеняемости этих хладагентов указаны в таблице.



5.0
Монтаж компрессора

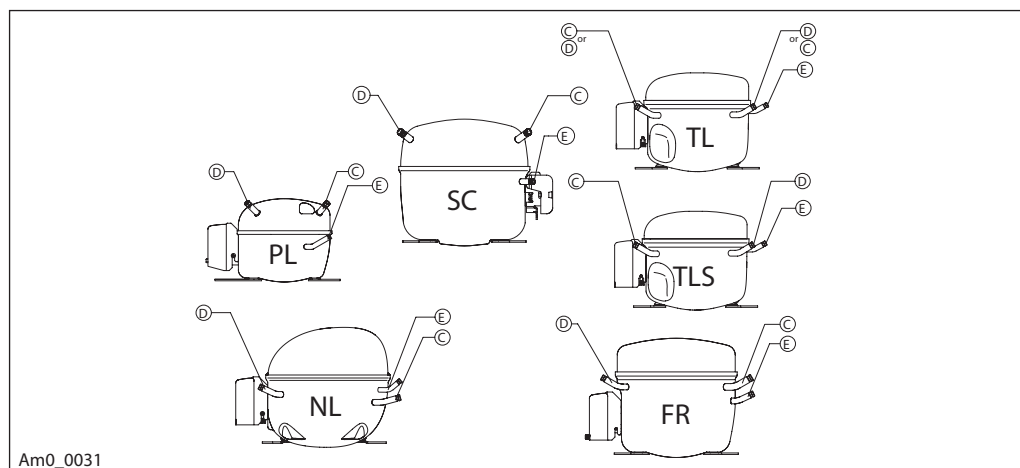
Проблем с пайкой, вызванных присутствием масла в патрубках компрессора, можно избежать, если перед врезкой в систему поставить компрессор вертикально и выдержать его в таком положении некоторое время.

Никогда не переворачивайте компрессор. Во избежание проникновения в систему влаги и грязи время герметизации системы не должно превышать 15 минут.

5.1
Патрубки компрессора

Расположение патрубков компрессора указано на рисунке. Всасывающий патрубок, обозначенный буквой «С», всегда присоединяется к линии всасывания. Нагнетательный патру-

бок, обозначенный буквой «Е», присоединяется к линии нагнетания. Буквой «D» обозначен технологический отвод, который предназначен для проведения операций над системой.



5.1

Патрубки компрессора (продолжение)

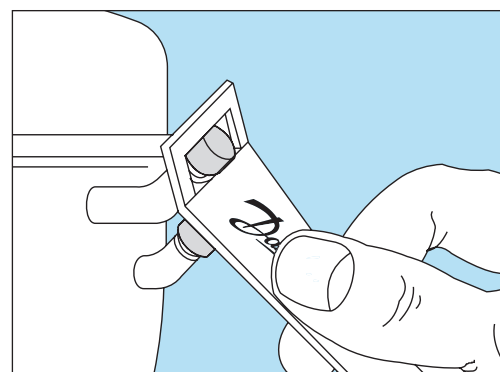
Компрессоры Данфосс, как правило, оснащены толстостенными омедненными патрубками из стальных труб, которые так же хорошо припаяются к трубам холодильного контура, как и обычные медные патрубки.

Патрубки приварены к корпусу компрессора; в процессе пайки сварочный шов патрубков не повреждается.

Патрубки закрыты опечатанными алюминиевыми колпачками, которые обеспечивают хорошую герметизацию корпуса компрессора. Наличие пломбы на колпачке гарантирует, что после отгрузки с производственной линии компрессор не открывался. Кроме того, колпачки удерживают азот в корпусе компрессора, который заправляется на заводе для защиты компрессора от влаги.

Пломбы легко удаляются плоскогубцами или специальным инструментом, как показано на рисунке. Поставить пломбы обратно уже нельзя. Если колпачки патрубков сняты, компрессор необходимо установить в систему в течение 15 минут, чтобы влага и грязь не успели попасть в контур.

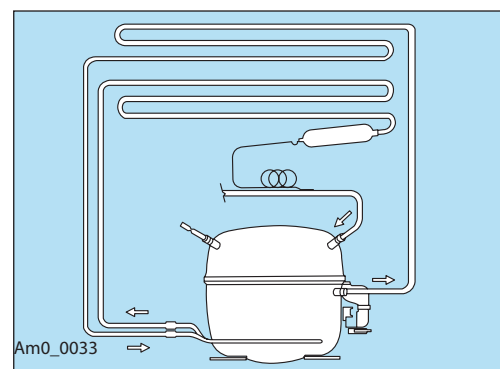
Не оставляйте пломбы в собранной системе.



Am0_0032

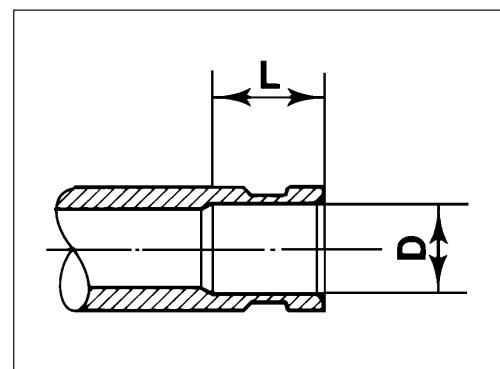
Маслоохладители компрессора, если они установлены (в компрессорах с объемом цилиндра более 7 см³), изготавливаются из медной трубы. Штуцер трубы закрывается резиновым колпачком. Теплообменник маслоохладителя подсоединяется к средней части контура конденсатора.

Сдвоенные компрессоры типа SC должны иметь обратный клапан, который устанавливается на линии нагнетания компрессора №2. Если предусматривается изменение порядка включения компрессоров №1 и №2, обратный клапан необходимо устанавливать в обеих линиях нагнетания.



Am0_0033

Для обеспечения оптимальных условий пайки и уменьшения расхода припоя все патрубки компрессоров Данфосс, выполненные из трубы, имеют буртик, показанный на рисунке.



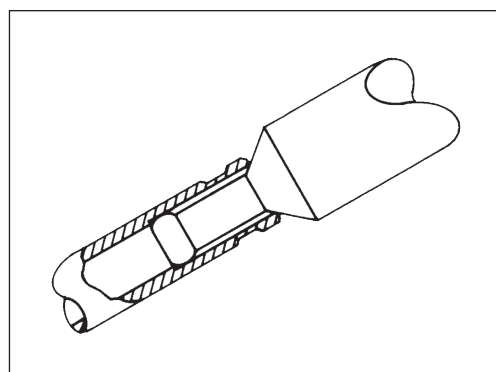
Am0_0034

5.2 Расширение патрубков

Патрубки, имеющие внутренний диаметр от 6,2 до 6,5 мм, соединяющиеся с трубами диаметром $\frac{1}{4}$ " (6,35 мм), нужно развальцевать. Развальцовка патрубков не должна превышать 0,3 мм.

Во избежание разлома трубы при развальцовке прикладывайте силу противодействия.

Можно также уменьшить диаметр конца патрубка с помощью специальных плоскогубцев.

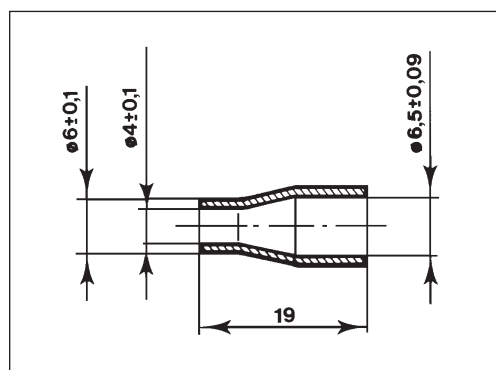


Am0_0035

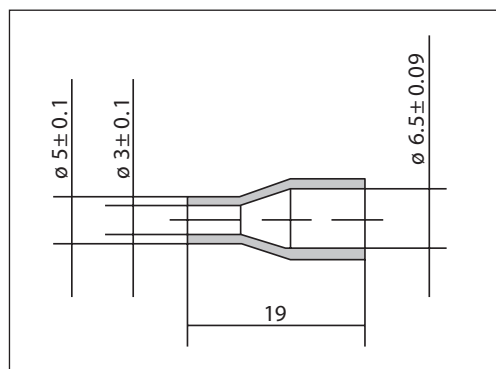
5.3 Переходники

Чтобы не развальцовывать или сжимать патрубки, можно использовать медный переходник. При соединении патрубка диаметром 6,2 мм с трубой диаметром $\frac{1}{4}$ " (6,35 мм) используйте переходник 6/6,5 мм.

При соединении нагнетательного патрубка диаметром 5 мм с трубой диаметром $\frac{1}{4}$ " (6,35 мм) используйте переходник 5/6,5 мм.



Am0_0036



Am0_0037

5.4 Припой

Для пайки патрубков с медными трубами применяются припои, содержащие не менее 2% серебра. Это означает, что если соединительные трубы изготовлены из меди, можно использовать так называемые фосфорные припои.

Если соединительные трубы изготовлены из стали, следует использовать припои с высоким содержанием серебра без фосфора, температура ликвидуса которых (температура перехода в жидкое состояние) не превышает 740 °C. При пайке с помощью этих припоев необходимо использовать флюс.

5.5 Пайка

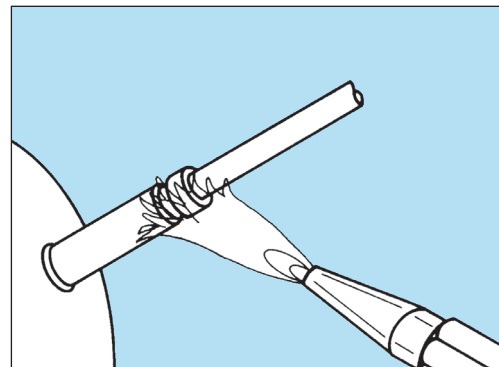
Ниже приведена инструкция по пайке стальных патрубков, которая отличается от пайки патрубков, изготовленных из меди.

При нагреве патрубка поддерживайте его температуру как можно ближе к температуре плавления припоя.

Перегрев патрубка приводит к повреждению поверхности, что может снизить качество пайки.

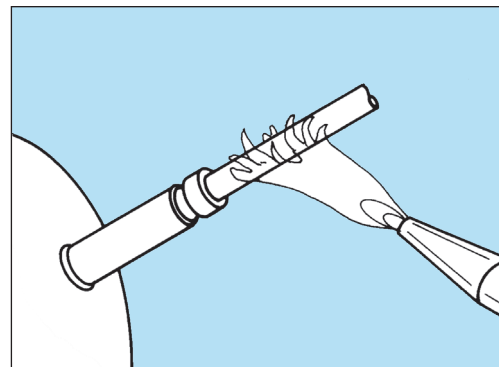
Факел пламени при нагреве стыка должен быть рассеянным.

Распределите пламя так, чтобы 90% тепла приходилось на патрубок и 10% на соединительную трубу.



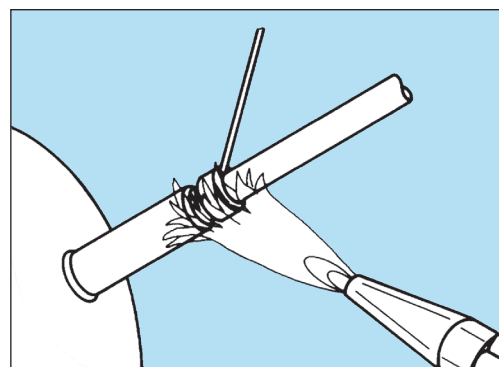
Am0_0038

Когда патрубок станет вишнево-красным (температура приблизительно 600 °C), перенесите пламя на несколько секунд на соединительную трубу.



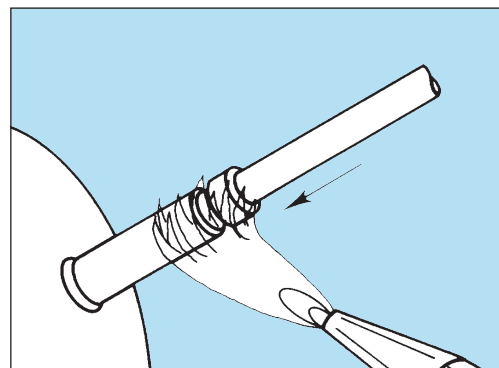
Am0_0039

Продолжайте нагрев стыка рассеянным пламенем и введите припой.



Am0_0040

Направьте припой в щель медленным движением пламени в сторону компрессора; затем полностью погасите пламя.



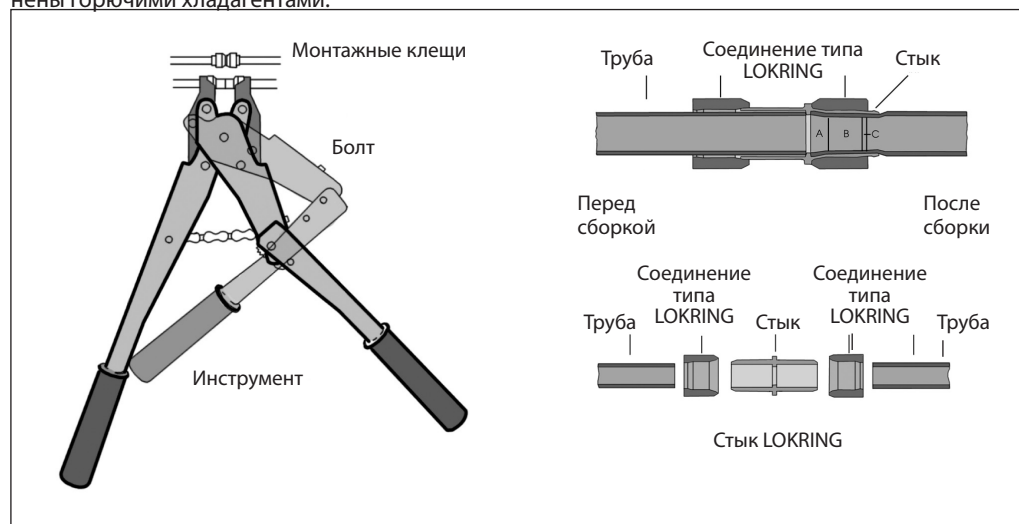
Am0_0041

5.6 Соединение типа Lokring

В системах, заправленных горючими хладагентами R600a и R290, пайку производить нельзя. В таких случаях используются соединения типа Lokring.

Компоненты и трубопроводы вновь устанавливаемых систем могут соединяться с помощью пайки, поскольку в этот момент они не заполнены горючими хладагентами.

Никогда не раскрывайте заправленные системы с помощью пламени. Компрессоры систем, работающих с горючими хладагентами, должны быть отвакуумированы для удаления из масла остатков хладагента.



Am0_0042

5.7 Осушители

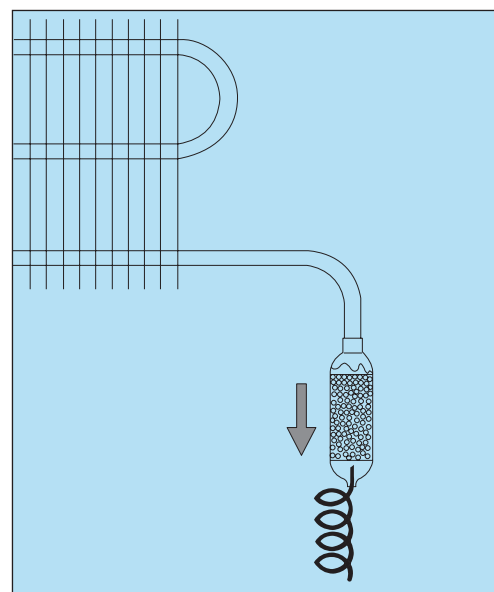
Компрессоры Данфосс должны устанавливаться в правильно спроектированную систему с осушителями, содержащими достаточное количество влагопоглотителя соответствующего типа и приемлемого качества.

Содержание влаги в хладагенте должно быть не более 10 ppm ($1 \text{ ppm} = 10^{-6}$). Предельно допустимое содержание влаги составляет 20 ppm.

Осушители должны располагаться таким образом, чтобы направление течения хладагента в них совпадало с направлением силы тяжести.

Водопоглотитель не должен свободно перемещаться внутри осушителя, создавая грязь и блокируя вход в капиллярную трубку. В системах с капиллярной трубкой эта грязь приводит к увеличению времени выравнивания давления.

Стержневые осушители выбирайте особенно тщательно. В транспортных системах охлаждения можно использовать только сертифицированные осушители.



Am0_0043

5.8
Осушители и хладагенты

Размер молекулы воды составляет 2,8 Ангстрем (А). Следовательно, в системы с обычно используемыми хладагентами можно устанавливать осушители из материала типа «молекулярное сито» с размером пор около 3 А.

Осушители из материала типа «молекулярное сито» с размером пор около 3 а поставляются компаниями:

UOP Molecular Sieve Division (бывший Union Carbide) 25 East Algonquin Road, Des Plaines, Illinois 60017-5017, USA	4A-XH6	4A-XH7	4A-XH9
R12, R22, R502	×	×	×
R134a		×	×
Смеси ГФУ- и ГХФУ-хладагентов			×
R290, R600a		×	×

Grace Davison Chemical W.R.Grace & Co, P.O. Box 2117, Baltimore Maryland 212203 USA		"574"	"594"
R12, R22, R502		×	×
R134a		×	×
Смеси ГФУ- и ГХФУ-хладагентов			×
R290, R600a			×

CECA S. A. La Defense 2, Cedex 54, 92062 Paris-La-Defense France		NL30R	Siliporite H3R
R12, R22, R502		×	×
R134a		×	×
Смеси ГФУ- и ГХФУ-хладагентов			×
R290, R600a			×

Рекомендуется устанавливать осушители со следующим количеством водопоглотителя.

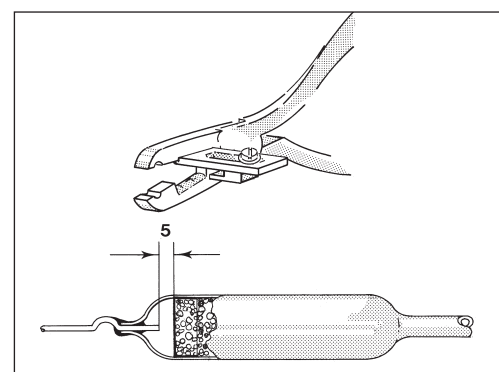
Компрессор	Осушитель
PL и TL	Не менее 6 г
FR и NL	Не менее 10 г
SC	Не менее 15 г

В промышленных системах часто используют осушители с твердым сердечником большего размера. Их совместимость с хладагентами определяется инструкцией изготовителя. Если необходимо установить антикислотный фильтр-осушитель, обращайтесь к поставщику для получения подробной информации.

5.9
Осушители с капиллярной трубкой

При пайке капиллярной трубки проявляйте особую осторожность. Устанавливая капиллярную трубку, во избежание блокировки или ограничения ее проходного отверстия не заталкивайте трубку слишком глубоко в осушитель до металлической сетки или фильтрующего диска. Напротив, трубку, частично вставленную в осушитель, можно заблокировать при пайке.

Проблем можно избежать, если с помощью плоскогубцев выдавить на капиллярной трубке специальный ограничитель.



Am0_0044

6.0 Электрооборудование

6.1 Пусковое устройство компрессоров с низким пусковым моментом (LST)

Информация о выборе необходимых пусковых устройств приведена в технической документации на компрессоры Данфосс. Во избежание повреждения компрессора не используйте пусковые устройства от старого компрессора.

Не пытайтесь запустить компрессор с некомплектным пусковым оборудованием. Для

обеспечения безопасности обслуживания компрессор должен быть заземлен и оснащен системами защиты. Не храните рядом с электрооборудованием горючие материалы.

Не включайте компрессор, находящийся под вакуумом.

Компрессоры с внутренней защитой электродвигателя

На рисунке внизу показаны три схемы с пусковыми устройствами типа PTC.

Пусковое устройство устанавливается на фазовой линии компрессора.

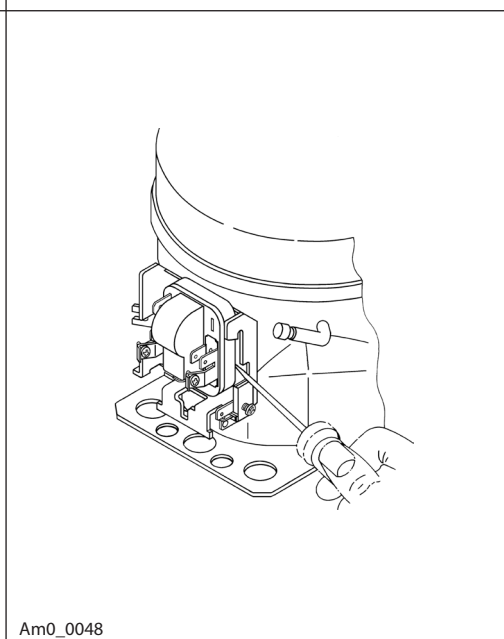
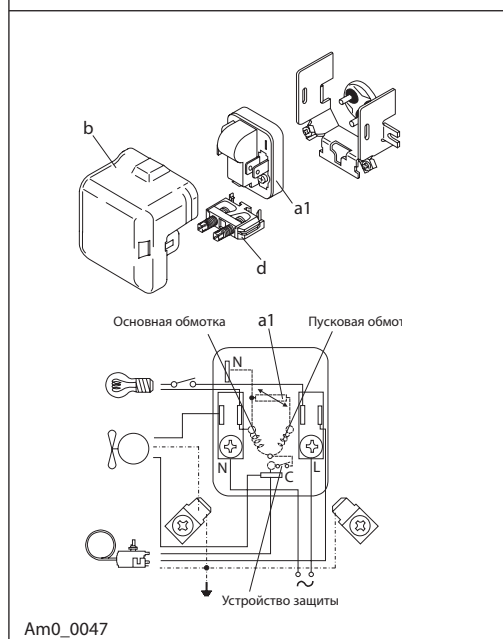
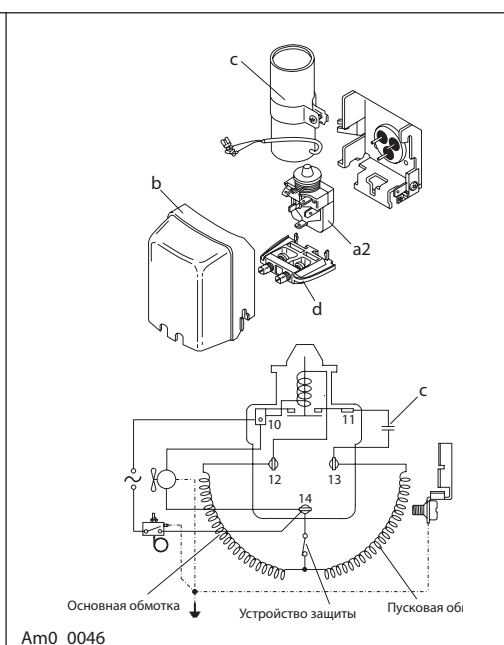
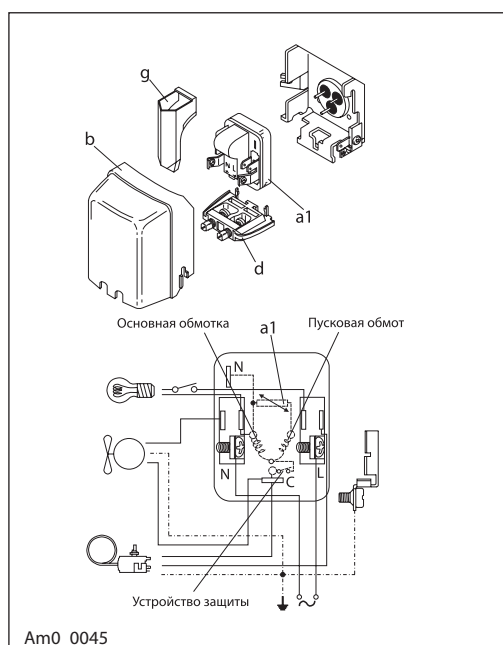
Давление должно подаваться в центр пускового устройства, чтобы не деформировались крепежные хомуты.

Ослабьте натяжение кабеля на кронштейне под пусковым устройством.

В некоторых компрессорах для снижения потребляемой мощности рабочий конденсатор подключают к клеммам N и S.

Как уже указывалось, при демонтаже давление должно подаваться в центр пускового устройства, чтобы не деформировались крепежные хомуты.

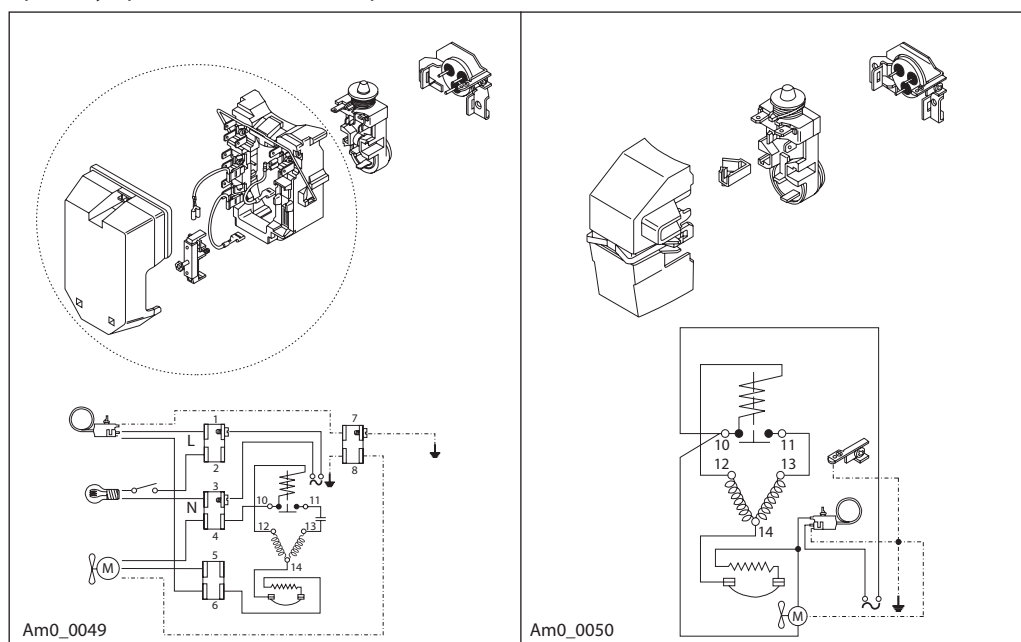
Установите крышку над пусковым устройством и закрепите ее на кронштейне с помощью винта.



6.1 Пусковое устройство компрессора LST (продолжение)

Компрессоры с внешней защитой
электродвигателя
На рисунках внизу показано оборудование
с реле и устройством защиты электродвигателя.

Устанавливайте реле так, чтобы давление по-
давалось к центру реле.
Закрепите крышку хомутом.

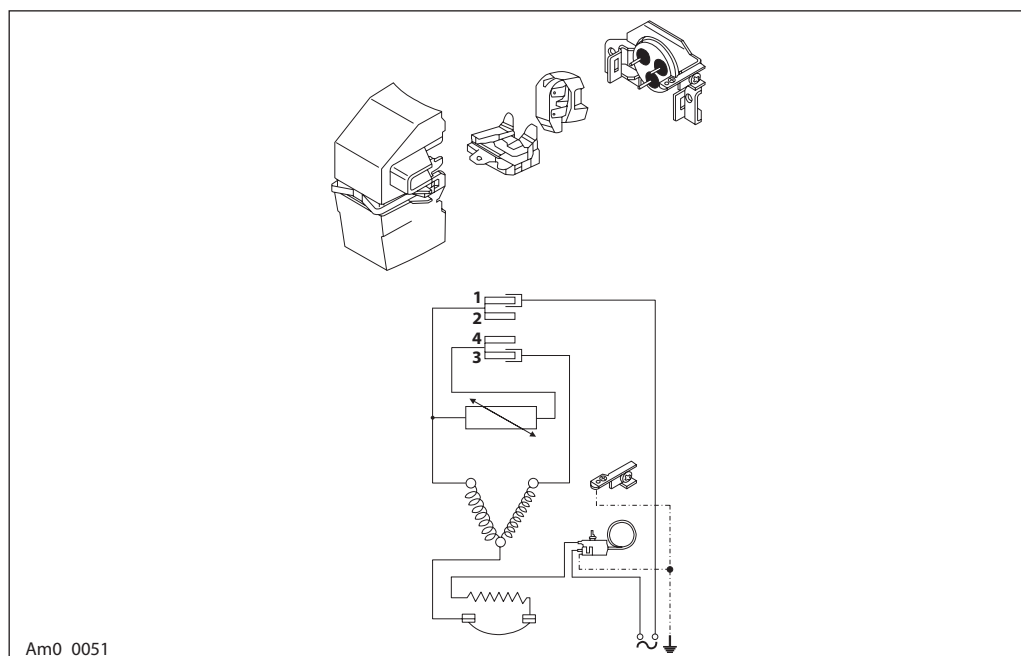


На следующем рисунке показано пусковое
оборудование с РТС и внешней защитой элек-
тродвигателя.

Устройство защиты устанавливается на ниж-

ней шпильке, а РТС — на верхней.

Крышка закрепляется хомутом. В этом случае
натяжение кабеля не контролируется.



6.2 Пусковое устройство компрессоров с высоким пусковым моментом (HST)

На следующих рисунках показаны пусковые
устройства пяти типов с реле и пусковым кон-
денсатором.

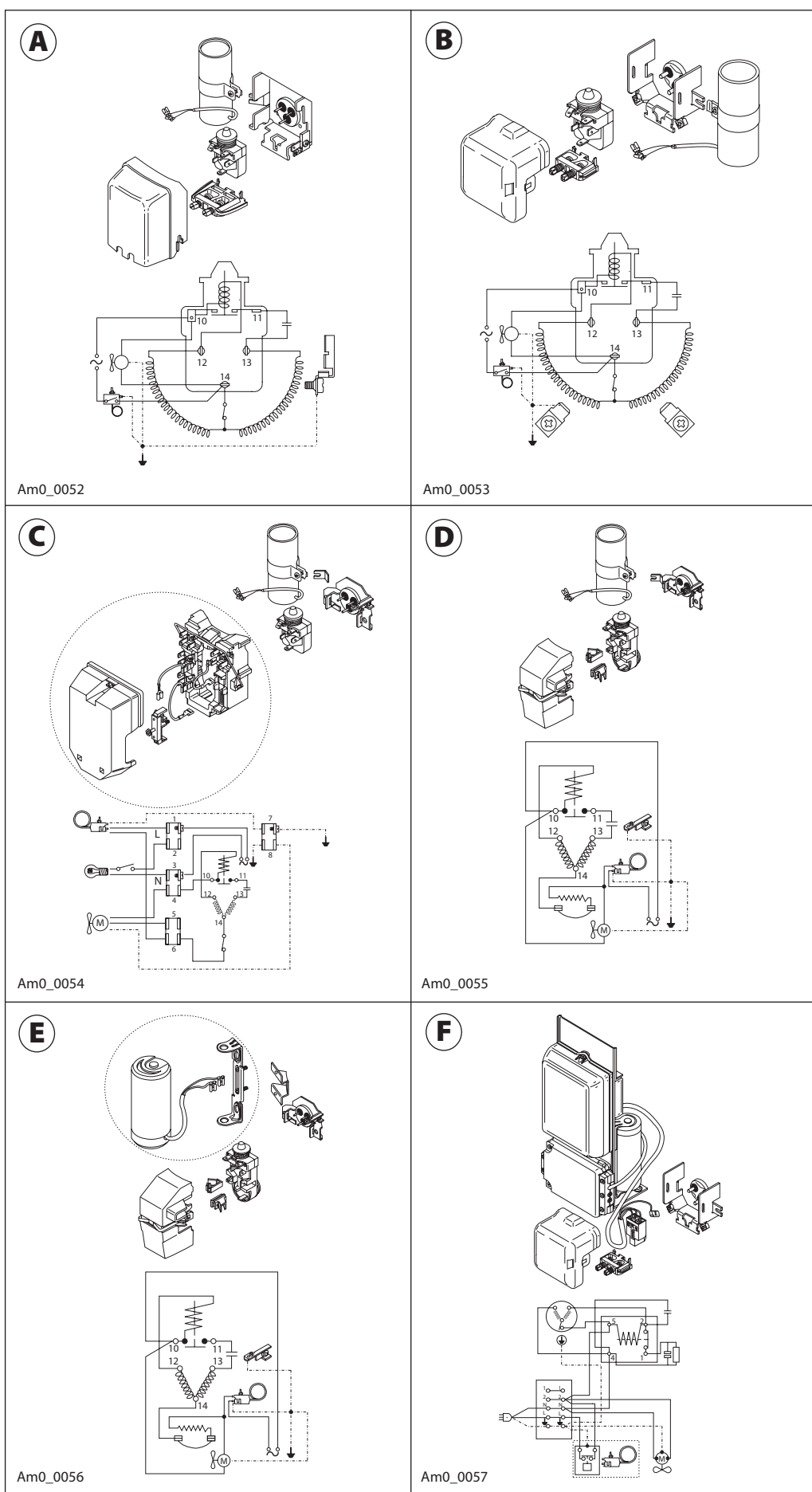
Устанавливайте пусковое реле на фазовой ли-
нии компрессора. Во избежание деформации
хомутов делайте это так, чтобы давление по-
давалось к центру реле. Закрепите пусковой

конденсатор на кронштейне, соединенном
с компрессором.

Ослабьте натяжение кабеля на кронштейне
под пусковым реле (рис. А и В).

Установите крышку на пусковое реле и при-
верните ее кронштейну или закрепите с помо-
щью хомута или встроенных фиксаторов.

6.2
Пусковое устройство
компрессора HST
(продолжение)



6.3
Пусковое оборудование
типа CSR для компрессоров
HST

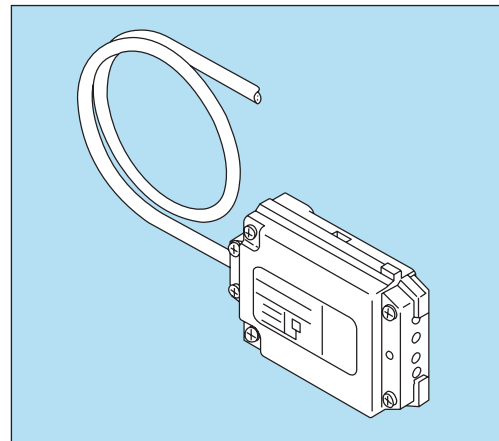
Закрепите подводящий кабель в клеммной коробке. Подводящий кабель должен входить в коробку сверху. Ослабьте натяжение кабеля на кронштейне под клеммной коробкой. Установите крышку (рис. F).

6.4
Оборудование для сдвоенных
компрессоров SC

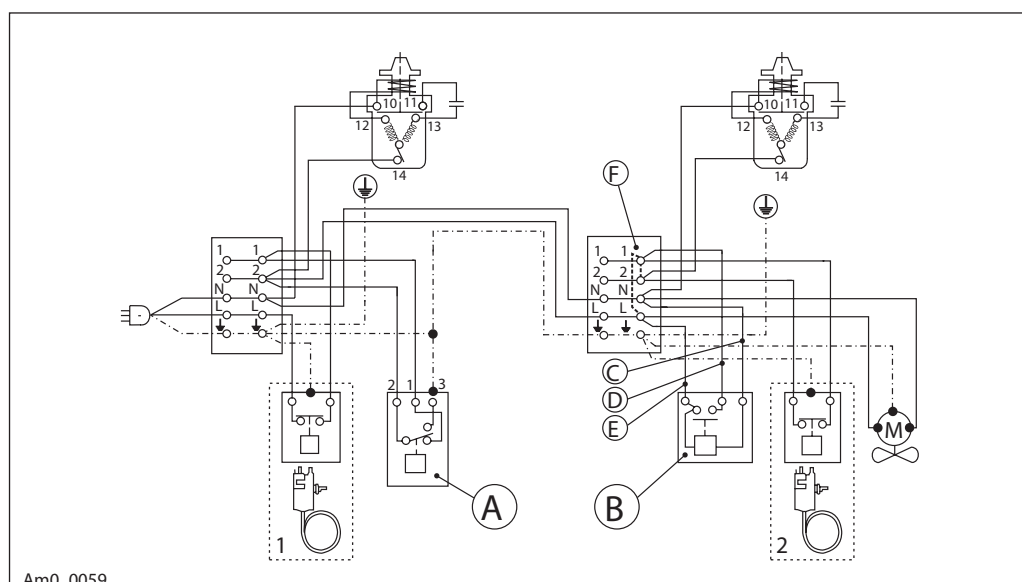
Включение второго компрессора рекомендуется производить с задержкой по времени порядка 15 с (с помощью реле времени, кодовый номер 117N0001).

При использовании реле задержки времени удалите перемычку между контактами L и 1 клеммной коробки компрессора №2.

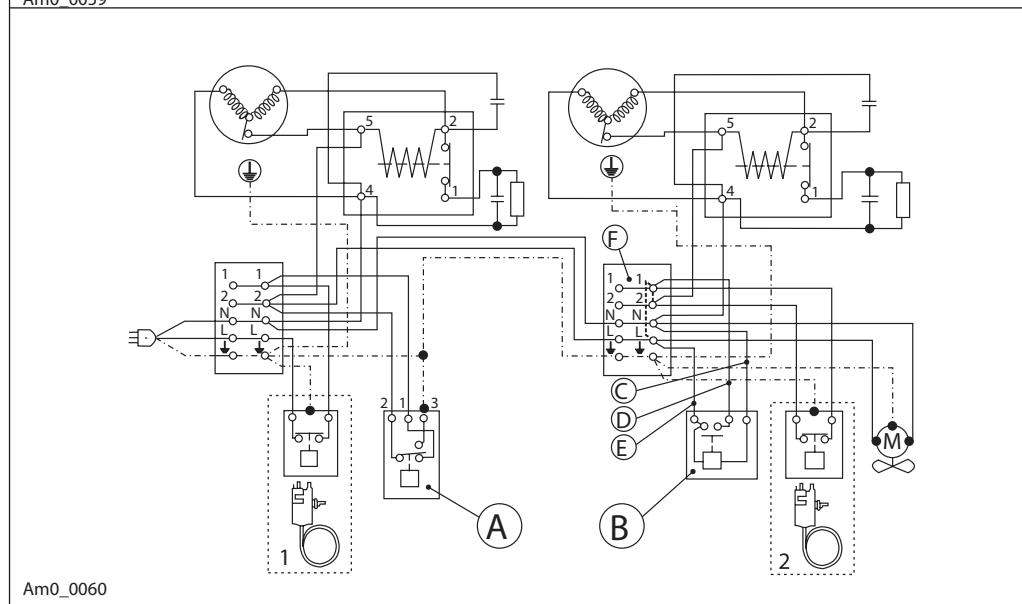
Если для регулирования производительности компрессора используется реле температуры, удалите перемычку между контактами 1 и 2 клеммной коробки.



Am0_0058



Am0_0059



Am0_0060

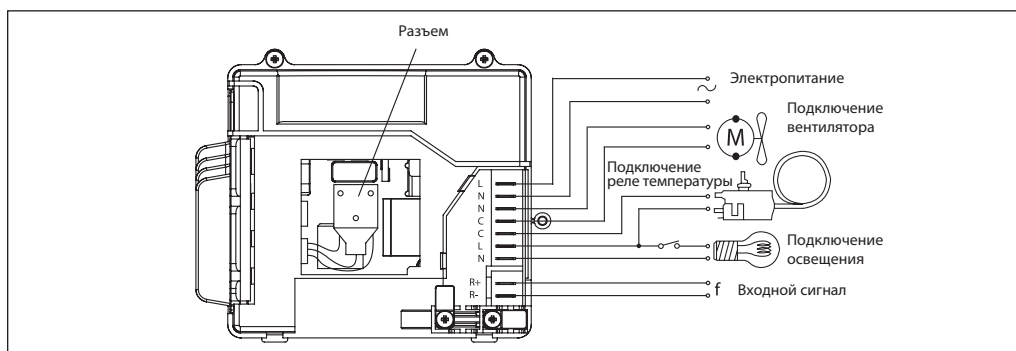
- A: Предохранительное реле давления
B: Реле задержки времени
C: Синий
D: Черный
E: Коричневый
F: При использовании реле времени удалите перемычку L-1
При использовании реле температуры удалите перемычку 1-2

6.5 Блок управления для компрессоров с переменной скоростью вращения электродвигателя

Блок управления обеспечивает компрессорам TLV и NLV высокий пусковой момент (HST), т.е. отпадает необходимость выравнивания давлений перед каждым включением компрессора. Компрессоры с переменной скоростью вращения управляются электроникой. Блок управления оснащен встроенной защитой от перегрузки, а также защитой от перегрева. При срабатывании защиты блок управления защищает себя и электродвигатель компрессора. После срабатывания защиты блок управления автоматически перезапустит компрессор через определенный интервал времени.

Электродвигатели компрессоров оснащены роторами с постоянным магнитом (PM-электродвигатели) и тремя одинаковыми статорными обмотками. Блок управления устанавливается прямо на компрессор.

При непосредственном подключении электродвигателя к сети электропитания в случае сбоя питания магниты могут получить повреждение, что приведет к существенному уменьшению производительности компрессора или выходу его из строя.



Am0_0061

7.0 Вакуумирование

После пайки проводится вакуумирование системы охлаждения.

Когда давление в системе снизится до 1 мбар, подождите, пока давление в контурах не выровняется, после чего проведите окончательное вакуумирование и заправку системы.

Если перед вакуумированием проводились испытания под давлением, процесс откачки проводите постепенно с небольшой производительностью во избежание выброса масла из компрессора.

Вакуумирование системы можно проводить несколькими способами.

В зависимости от объема всасывающей и нагнетательной линий системы охлаждения можно выбрать один из следующих способов вакуумирования.

Непрерывное вакуумирование системы со стороны нагнетания, пока не будет достигнуто достаточно низкое давление в конденсаторе. В этом случае необходимо осуществить один или несколько коротких циклов выкуумирования с выравниванием давления между циклами.

Непрерывное вакуумирование с обеих сторон (всасывания и нагнетания), пока не будет достигнуто достаточно низкое давление в контуре.

Эти способы вакуумирования обеспечивают хорошее равномерное качество подготовки (сухость) компонентов перед заправкой системы.

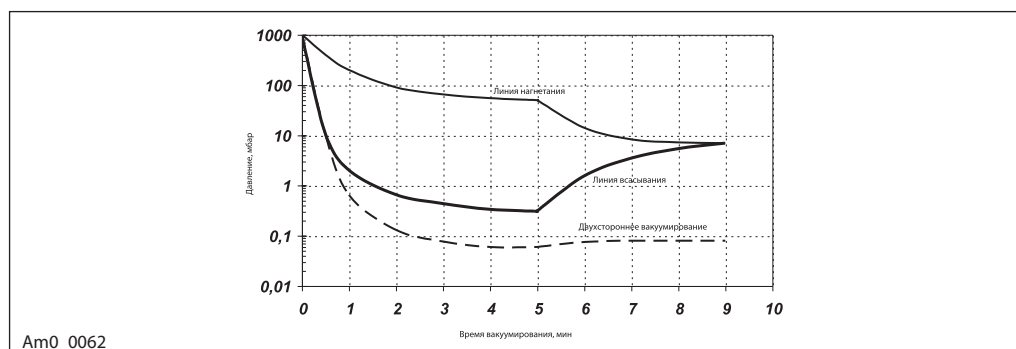
На рисунке внизу показана типичная кривая изменения давления при одностороннем вакуумировании системы через служебный штуцер компрессора. На нем также показана разность давлений, измеренная на конденсаторе. Эту разность можно уменьшить увеличением количества циклов выравнивания давления.

Пунктирной линией показано изменение давления в системе при одновременном двухстороннем вакуумировании.

При ограниченном времени откачки конечное давление зависит только от производительности вакуумного насоса и содержания неконденсирующихся газов и остатков хладагента в масляной заправке.

Преимущество двухстороннего вакуумирования заключается в том, что за одно и то же время систему можно откачать до гораздо меньшего давления.

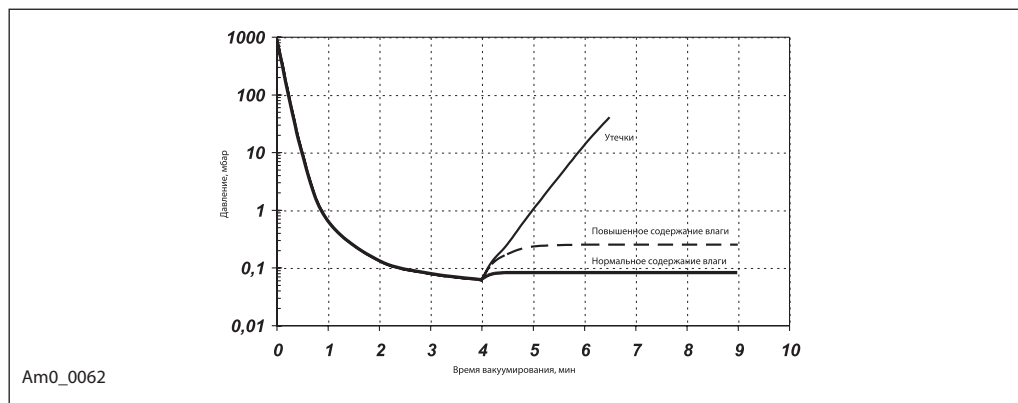
Чтобы выявить любые течи до заправки системы хладагентом, в процессе вакуумирования можно провести испытания системы на герметичность.



Am0_0062

7.0 Вакуумирование (продолжение)

На рисунке внизу приведен пример проверки системы на герметичность в процессе вакуумирования. Степень вакуума зависит от выбранного способа откачки. В общем случае рекомендуется двухстороннее вакуумирование системы.



7.1 Вакуумные насосы

Для вакуумирования систем с горючими хладагентами R600a и R290 используйте насосы во взрывобезопасном исполнении.

Такие же насосы можно использовать для вакуумирования систем, заправленных полиэфирным маслом.

8.0 Заправка системы хладагентом

Заправляйте систему хладагентом того типа и в том количестве, которые рекомендованы изготовителем компрессора. В большинстве случаев объем заправки указан на заводской табличке агрегата.

Количество заправляемого хладагента указывается по объему или массе. При заправке по объему пользуйтесь мерным стаканом. Горючие хладагенты следует заправлять по массе.

8.1 Максимальная заправка

Если количество заправленного хладагента окажется слишком большим, после холодного пуска масло в компрессоре будет пениться и клапанная система компрессора может быть повреждена.

Объем заправленного хладагента не должен превышать объема контура со стороны конденсатора. Заправлять необходимо ровно столько, сколько необходимо для функционирования системы.

Компрессор	Максимальная заправка			
	R134a	R600a	R290	R404A
P	300 g	150 g		
T	400 g*	150 g	150 g	400 g
N	400 g*	150 g	150 g	400 g
F	900 g	150 g		850 g
SC	1300 g		150 g	1300 g
Сдвоенные компрессоры SC	2200 g			

*) Компрессоры некоторых типов работают при более высоких пределах заправки.

8.2 Закрытие технологического отвода

В системах с хладагентами R600a и R290 закрытие технологического отвода выполняется с помощью соединения Lokring.

В системах с горючими хладагентами пайка не допускается.

9.0 Испытания

Системы охлаждения должны быть герметичными. Если бытовые приборы работают сверх расчетного срока службы, утечки хладагента не должны превышать 1 г за год. Следовательно, для проверки герметичности системы необходимо использовать оборудование высокого качества.

Данным оборудованием необходимо проверить все соединения холодильной установки. Проверку рекомендуется проводить электронными течеискателями.

Сторону нагнетания системы (от нагнетательного патрубка компрессора до конденсатора

и осушителя) следует проверять при работающем компрессоре.

Испаритель, линию всасывания и компрессор следует проверять при отключенной системе и выровненном давлении.

Если в систему заправлен хладагент R600a, испытания на наличие течи должны проводиться другим способом, например, с помощью гелия, поскольку выровненное давление в системе оказывается низким, чаще всего не превышающим атмосферное давление. В данном случае утечки хладагента из системы трудно обнаружить.

9.1 Проверка системы

Перед вводом системы в эксплуатацию убедиться, что испаритель охлаждается, а компрессор нормально работает под управлением реле температуры.

В системах с капиллярной трубкой, используемой в качестве дросселирующего устройства, необходимо проверить, что в период отключения компрессора давление в системе выравнивается, а компрессор с низким пусковым моментом способен запустить систему без срабатывания устройств защиты электродвигателя.

Содержание

	Стр.
Компрессорно-конденсаторные агрегаты компании Данфосс.....	85
Конфигурация оборудования.....	85
Электропитание и электрооборудование.....	85
Герметичные компрессоры.....	86
Конденсаторы и вентиляторы.....	86
Запорные вентили.....	86
Ресивер.....	87
Клеммная коробка.....	87
Предохранительные реле давления.....	87
Настройка.....	87
Защитный корпус, устойчивый к атмосферному воздействию.....	88
Качество монтажа.....	88
Грязь и посторонние частицы.....	88
Прокладка трубопроводов системы охлаждения.....	88
Трубопроводы системы охлаждения с компрессорно-конденсаторным агрегатом с 1-цилиндровым компрессором (типа TL, FR, NL, SC и SC-TWIN).....	88
Трубопроводы системы охлаждения с компрессорно-конденсаторным агрегатом с герметичным поршневым 1-2-4 цилиндровым компрессором Maneurop.....	90
Поиск утечек.....	90
Пайка.....	91
Защитный газ.....	91
Вакуумирование и заправка системы.....	92
Заправка системы сверх максимально допустимого уровня и работа агрегата вне помещения.....	93
Общие сведения:.....	94
Цикл перекачивания хладагента.....	95
Максимально допустимые температуры.....	96

Компрессорно-конденсаторные агрегаты компании Данфосс

В данном разделе приведены общие сведения и практические советы по использованию компрессорно-конденсаторных агрегатов производства компании Данфосс. Компрессорно-конденсаторные агрегаты представляют собой интегрированные блоки с конденсатором и поршневым компрессором. Исполнение и конфигурация таких агрегатов соответствуют требованиям рынка. Обзор типоразмеров агрегатов выполнен в соответствии с типами герметичных компрессоров, установленных на эти блоки, и приведен в соответствующих подразделах.

- Компрессорно-конденсаторные агрегаты с 1-цилиндровыми компрессорами (типа TL, FR, NL, SC и SC-TWIN (сдвоенные)).
- Компрессорно-конденсаторные агрегаты с герметичными 1-, 2- и 4-цилиндровыми поршневыми компрессорами Maneurop типа MTZ, NTZ и MPZ.



Am0_0000

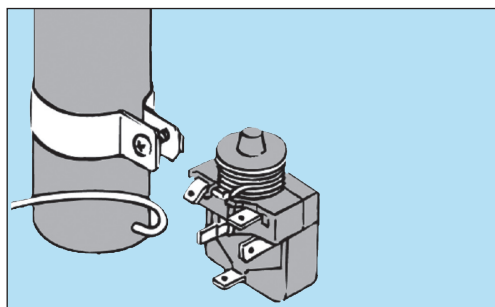
Конфигурация оборудования

Компрессорно-конденсаторные агрегаты Данфосс поставляются с компрессором и конденсатором, установленными на раме или общем основании. Распределительные коробки агрегатов скоммутированы на заводе. В состав агрегатов входят запорные клапаны, переходники, коллекторы, двухблочные реле давления и кабели электропитания с трехконтактными

разъемами с заземлением. Более подробная информация и кодовые номера заказа приведены в соответствующей технической документации и прайс-листах. Торговые центры компании Данфосс, расположенные на Вашей территории, будут рады оказать Вам помощь в выборе нужного агрегата.

Электропитание и электрооборудование

- Компрессорно-конденсаторные агрегаты с 1-цилиндровыми компрессорами (типа TL, FR, NL, SC и SC-TWIN)
Эти агрегаты оснащены герметичными компрессорами и вентиляторами с электропитанием 230 В, 1 ф., 50 Гц. Компрессоры оборудованы пусковым устройством с высоким пусковым моментом (HST), содержащим пусковое реле и пусковой конденсатор. Эти компоненты могут также поставляться как запасные части. Пусковой конденсатор предназначен для работы короткими циклами (1,7% ED). Практически это означает, что компрессор может производить до 10 включений в час со временем подготовки около 6 с.



Am0_0001

Пусковой ток трехфазного компрессора Maneurop можно уменьшить с помощью устройства плавного пуска. Для компрессора этого типа рекомендуется использовать устройство плавного пуска CI-tronic типа MCI-C. Пусковой ток можно уменьшить на 40% в зависимости от модели компрессора и типа устройства плавного пуска. При этом уменьшаются механические нагрузки на компрессор и увеличивается срок службы его внутренних деталей.

- Компрессорно-конденсаторные агрегаты с герметичными 1-, 2- и 4-цилиндровыми поршневыми компрессорами Maneurop типа MTZ, NTZ и MPZ.
Эти агрегаты оснащены герметичными компрессорами и вентиляторами с различными характеристиками электропитания:

- компрессор и вентилятор с электропитанием 400 В, 3 ф., 50 Гц;
- компрессор с электропитанием 400 В, 3 ф., 50 Гц; вентилятор с электропитанием 230 В, 1 ф., 50 Гц (конденсатор вентилятора размещен в коробке с электроаппаратурой);
- компрессор с электропитанием 230 В, 3 ф., 50 Гц; вентилятор с электропитанием 230 В, 1 ф., 50 Гц (конденсатор вентилятора размещен в коробке с электроаппаратурой);
- компрессор с электропитанием 230 В, 1 ф., 50 Гц (пусковое устройство компрессора (конденсаторы, реле) установлено в коробке с электроаппаратурой); вентилятор с электропитанием 230 В, 1 ф., 50 Гц;

Более подробную информацию в части устройства плавного пуска CI-tronic типа MCI-C можно получить в местном торговом центре компании Данфосс.

Количество включений компрессор при нормальных условиях эксплуатации ограничено 12 вкл. за час. При использовании устройства MCI-C рекомендуется проводить выравнивание давлений.

Герметичные компрессоры

Полностью герметичные компрессоры типа TL, FR, NL, SC и SC-TWIN оснащены встроенным устройством защиты обмоток. При срабатывании устройства защиты в связи с аккумуляцией электродвигателем большого количества тепла требуется около 45 минут для возврата устройства в исходное состояние.

Однофазные компрессоры Maneurop типа MTZ и NTZ оснащены встроенным устройством защиты по температуре или току в виде биметаллического предохранителя, который реагирует на величину тока в основной и пусковой обмотках, а также на их температуру.

Трехфазные компрессоры Maneurop типа MTZ и NTZ оснащены внутренним устройством защиты от перегрева и повышенного тока. Устройство защиты электродвигателя подключается к точке соединения обмоток звездой и отключает все 3 фазы одновременно с помощью биметаллического диска. После срабатывания устройства защиты повторное включение компрессора возможно только через 3 часа.



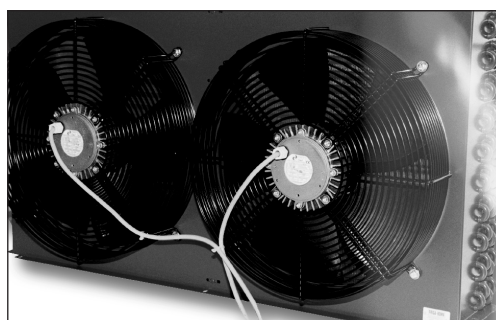
Am0_0002

Если электродвигатель не работает, путем измерения электрического сопротивления обмоток можно определить причину его отключения: срабатывание устройства защиты обмоток или их повреждение.

Конденсаторы и вентиляторы

Высокоэффективные конденсаторы дают возможность компрессорно-конденсаторным блокам работать в более широком диапазоне температуры окружающего воздуха. В одном блоке в зависимости от производительности блока устанавливаются один или два вентилятора.

Вентиляторы могут быть оснащены, например, регулятором скорости вращения Saginimia типа RGE. Это позволяет осуществлять контроль за давлением конденсации и уменьшать уровень шума. Вентиляторы оснащены самосмазывающимися подшипниками, обеспечивающими длительный срок службы вентилятора без проведения технического обслуживания.



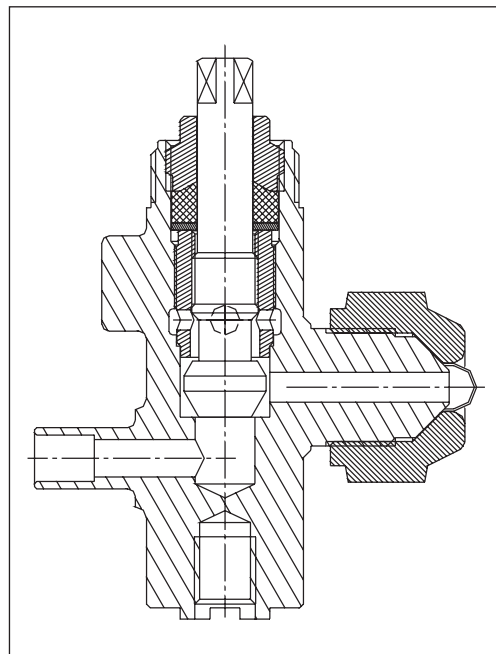
Am0_0003

Запорные вентили

На линиях всасывания и нагнетания компрессорно-конденсаторных агрегатов компании Данфосс установлены запорные вентили.

Запорные вентили компрессорно-конденсаторных агрегатов с 1-цилиндровыми компрессорами (типа TL, FR, NL, SC и SC-TWIN) закрываются поворотом шпинделя по часовой стрелке в сторону штуцера под пайку. При этом открывается проход между штуцером для подсоединения манометра и штуцером под отбортовку. При повороте шпинделя против часовой стрелки проход к манометрическому штуцеру закрывается. Канал между штуцерами под пайку и отбортовку остается открытым. Переходники под пайку могут защитить штуцер под отбортовку от повреждения и сделать систему герметичной.

Запорные вентили компрессорно-конденсаторных агрегатов с поршневыми компрессорами Maneurop типа MTZ и NTZ установлены непосредственно на штуцеры типа Rotolock линии всасывания и нагнетания компрессора и на ресивер. Вентиль на линии всасывания снабжен прямыми длинными втулками, чтобы пайку штуцеров можно было проводить без демонтажа клапана Rotolock.

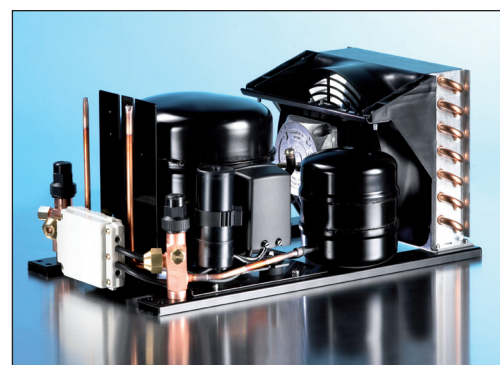


Am0_0004

Ресивер
Емкость для обеспечения давления

Ресивер (накопитель жидкости) является стандартным компонентом компрессорно-конденсаторных агрегатов, устанавливаемых в системах с терморегулирующим вентилем (ТРВ).

ТРВ регулирует уровень жидкости в буферной полости ресивера (путем уменьшения или увеличения потока хладагента). Ресиверы с внутренним объемом 3 л и более оснащены клапаном Rotolock.



Am0_0005

Клеммная коробка

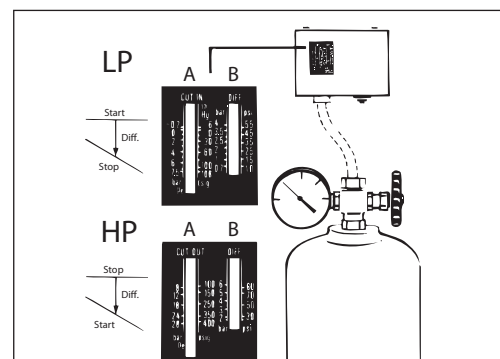
Компрессорно-конденсаторные агрегаты компании Данфосс скоммутированы на заводе и оснащены клеммной коробкой. Она позволяет очень просто подвести электропитание к агрегату и выполнить дополнительные электрические соединения.

Клеммная коробка агрегатов с компрессором Mapeignor оборудована клеммными колодками с клеммами винтового типа для под-

соединения кабеля электропитания и цепей управления. В этой коробке выполняются электрические соединения всех компонентов компрессорно-конденсаторного агрегата (компрессор, вентиляторы, РТС, реле давления). На крышке клеммной коробки приведена монтажная схема агрегата. Степень защиты клеммной коробки от воды и посторонних предметов составляет IP 54.

Предохранительные реле давления

Компрессорно-конденсаторные агрегаты компании Данфосс могут быть поставлены с предохранительными реле давления типа КР 17 (W, B ...). На агрегатах, которые приходят без реле давления и устанавливаются в системах с терморегулирующим вентилем, в соответствии со стандартом EN 378 должны быть смонтированы реле давления хотя бы на стороне высокого давления.



Am0_0006

Рекомендуемые настройки реле давления:

Хладагент	Сторона низкого давления		Сторона высокого давления	
	Давление включения, бар	Давление отключения, бар	Давление включения, бар	Давление отключения, бар
R407	2	1	21	25
R404A/R507 MBP	1.2	0.5	24	28
R404A/R507 LBP	1	0.1	24	28
R134a	1.2	0.4	14	18

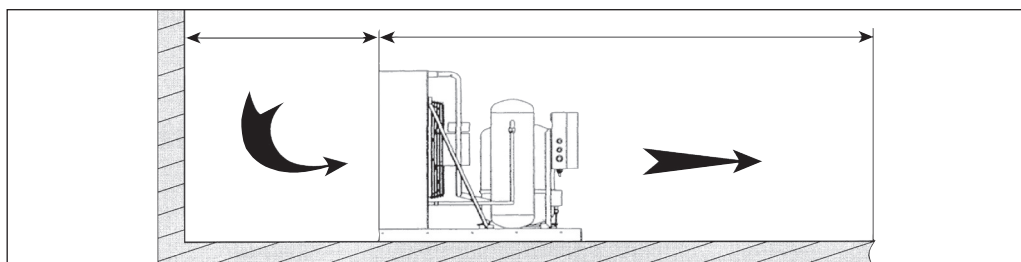
Настройка

Компрессорно-конденсаторные агрегаты компании Данфосс должны настраиваться в помещении с хорошей вентиляцией.

Убедитесь, что воздух поступает в конденсатор в достаточном количестве. Убедитесь также, что отсутствует переток воздуха между стороной всасывания и нагнетания агрегата.

Подключение вентилятора к сети электропитания осуществляется так, чтобы поток воздуха проходил через конденсатор в направлении компрессора.

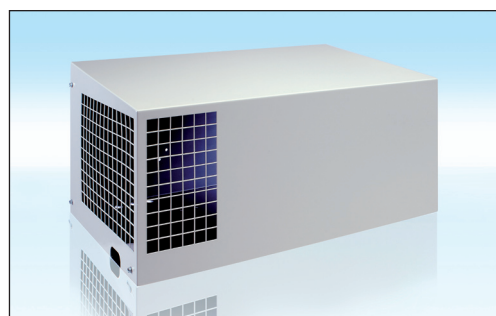
Для поддержания эффективной работы агрегата регулярно чистите конденсатор.



Am0_0007

Защитный корпус,
устойчивый к атмосферному
воздействию

Компрессорно-конденсаторные агрегаты компании Данфосс, которые устанавливаются снаружи помещения, должны иметь навес или быть закрыты корпусом для защиты от атмосферных воздействий. Оптимальным вариантом является поставка агрегата в качественном защитном корпусе. Кодовый номер корпуса для оформления заказа можно найти в каталоге или обратившись в местное представительство компании Данфосс.



Am0_0008

Качество монтажа

Грязь и посторонние
частицы

Все больше коммерческих систем охлаждения и кондиционирования воздуха устанавливаются с компрессорно-конденсаторными агрега-

тами, оснащенными герметичными компрессорами. К качеству монтажа и настройки таких систем предъявляются высокие требования.

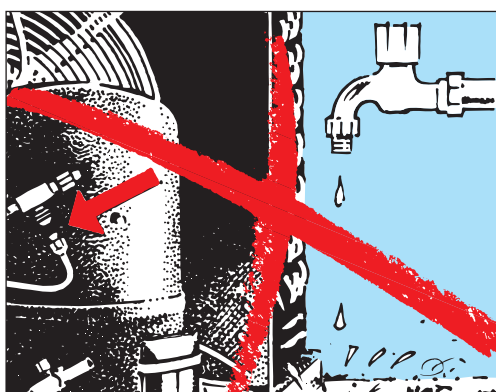
Грязь и посторонние частицы являются фактором негативного влияния на надежность и срок службы систем охлаждения.

В процессе монтажа системы в нее могут попасть следующие загрязнения:

- Окалина, образовавшаяся при пайке (продукты окисления)
- Паяльные флюсы
- Влага и атмосферный воздух
- Стружки и заусенцы, образовавшиеся при резке труб

Компания Данфосс рекомендует соблюдать следующие меры предосторожности:

- Используйте только чистые и сухие медные трубы и компоненты, которые удовлетворяют требованиям стандарта DIN 8964.
- Компания Данфосс предлагает широкий диапазон изделий для улучшения качества монтажа. Более подробную информацию можно получить у торгового представителя компании.



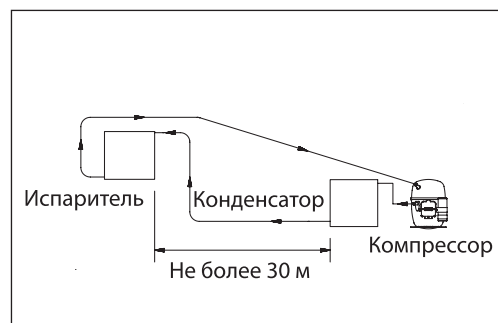
Ac0_0010

Прокладка трубопроводов
системы охлаждения

Трубопроводы системы охлаждения должны быть, по возможности, короткими, а система трубопроводов компактной. Не создавайте зон, где может скапливаться масло (масляные ловушки).

Трубопроводы системы
охлаждения с компрессорно-
конденсаторным агрегатом
с 1-цилиндровым компрессо-
ром (типа TL, FR, NL, SC и SC-
TWIN)

1. **Компрессорно-конденсаторный агрегат и испаритель находятся на одном уровне**
Трубопровод линии всасывания должен идти под небольшим уклоном в сторону от компрессора. Максимальное допустимое расстояние между компрессорно-конденсаторным агрегатом и местом охлаждения (испарителем) составляет 30 м.



Am0_0010

	Линия всасывания	Линия жидкости
	Диаметр медной трубы, мм	
TL	8	6
FR	10	6
NL	10	6
SC	10	8
SC-TWIN (сдвоенные компрессоры SC)	16	10

Трубопроводы системы охлаждения с компрессорно-конденсаторным агрегатом с 1-цилиндровым компрессором (типа TL, FR, NL, SC и SC-TWIN) (продолжение)

Для обеспечения надежного возврата масла в компрессор диаметры труб должны иметь значения, указанные в таблице.

2. Компрессорно-конденсаторный агрегат расположен выше испарителя

В этом случае разность высот между компрессорно-конденсаторным агрегатом и испарителем не должна превышать 5 м. Длина трубы между агрегатом и испарителем не должна превышать 30 м. На верхнем и нижнем участках вертикального трубопровода линии всасывания необходимо организовать две масляные ловушки. На нижнем участке трубопровода это должна быть U-образная ловушка, на верхнем участке P-образная. Расстояние между ловушками должно составлять от 1 до 1,5 м. Для обеспечения надежного возврата масла в компрессор диаметры труб линии всасывания и нагнетания должны иметь значения, указанные в таблице.



Am0_0011

Компрессор	Линия всасывания	Линия жидкости
	Диаметр медной трубы, мм	
TL	8	6
FR	10	6
NL	10	6
SC 12/15	10	8
All other SCs	12	8
SC TWIN (сдвоенные компрессоры SC)	16	10

3. Компрессорно-конденсаторный агрегат расположен ниже испарителя

В этом случае разность высот между компрессорно-конденсаторным агрегатом и испарителем не должна превышать 5 м. Длина трубы между агрегатом и испарителем не должна превышать 30 м. На верхнем и нижнем участках вертикального трубопровода линии всасывания необходимо организовать две масляные ловушки. На нижнем участке трубопровода это должна быть U-образная ловушка, на верхнем участке P-образная. Расстояние между ловушками должно составлять от 1 до 1,5 м. Для обеспечения надежного возврата масла в компрессор диаметры труб линии всасывания и нагнетания должны иметь значения, указанные в таблице.

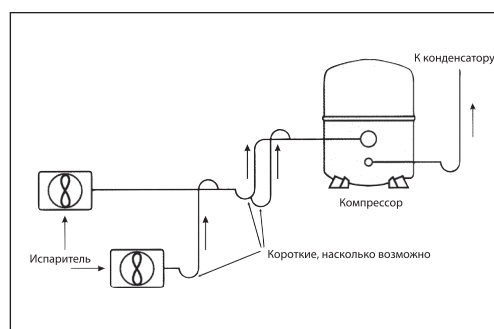


Am0_0012

Компрессор	Линия всасывания	Линия жидкости
	Диаметр медной трубы, мм	
TL	8	6
FR	10	6
NL	10	6
SC	12	8
SC TWIN (сдвоенные компрессоры SC)	16	10

Трубопроводы системы охлаждения с компрессорно-конденсаторным агрегатом с герметичным поршневым 1-2-4 цилиндровым компрессором Maneurop

Трубопроводы системы должны быть гибкими (во всех трех плоскостях или с помощью устройства AnaConda). При прокладке труб делайте их, по возможности, более короткими, а схему разводки компактной.



Am0_0013

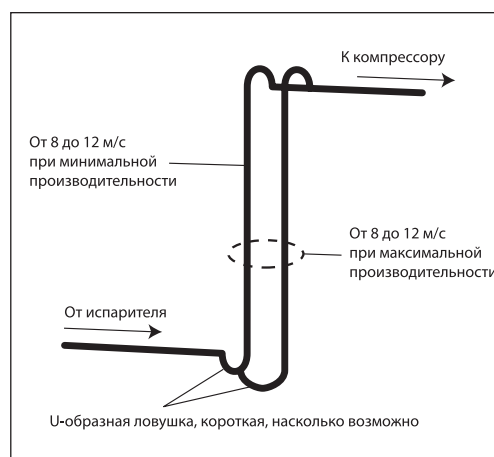
Не создавайте зон, где может скапливаться масло. Горизонтальные трубопроводы должны иметь небольшой уклон в сторону компрессора. Для обеспечения гарантированного возврата масла в компрессор скорость газа на вертикальных подъемных участках должна составлять не менее 8—12 м/с.

В горизонтальных трубопроводах линии всасывания скорость газа должна быть не менее 4 м/с. На верхнем и нижнем участках вертикального трубопровода линии всасывания необходимо организовать две масляные ловушки. На нижнем участке трубопровода это должна быть U-образная ловушка, на верхнем участке P-образная. Если подъемный участок больше 4 м, на каждые 4 м необходимо устанавливать дополнительную масляную ловушку.



Am0_0014

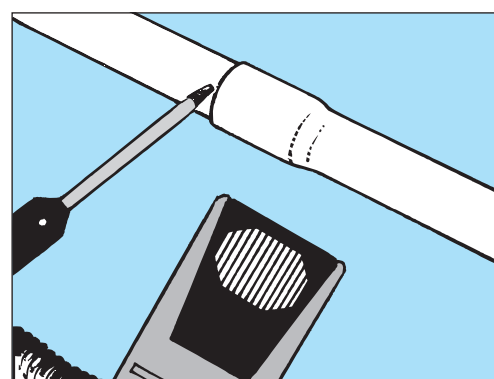
Если испаритель расположен выше компрессорно-конденсаторного блока, необходимо предусмотреть, чтобы при отключении компрессора жидкий хладагент не поступал в конденсатор. Во избежание конденсации паров воды и нежелательного повышения температуры газа на входе в компрессор трубопроводы линии всасывания должны быть теплоизолированы. Контроль перегрева газа на входе в компрессор для каждого случая осуществляется индивидуально. Более подробная информация приведена в разделе «Максимально допустимые температуры».



Am0_0015

Поиск утечек

Герметичность компрессорно-конденсаторных агрегатов Данфосс проверяется на заводе-изготовителе с помощью гелиевого течеискателя. После этого агрегаты заполняются защитным газом, который затем откачивается из системы. Кроме того, подсоединенные к агрегату холодильные контуры должны проходить проверку на наличие течи с помощью азота. Запорные вентили на стороне всасывания и нагнетания компрессорно-конденсаторных агрегатов при этом должны быть закрыты. Использование цветных добавок для поиска течи запрещается и лишает агрегат права на гарантию.

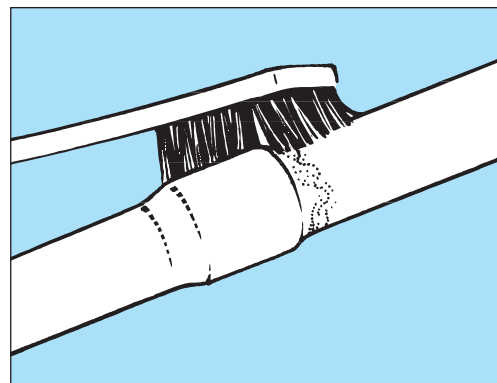


Ac0_0030

Пайка

Наиболее используемые припои содержат 15% серебра, медь, цинк и олово и потому называются «серебряными». Точка плавления таких припоев находится в диапазоне от 655 до 755 °C. Поверхность шва обычно бывает покрыта флюсом, использующимся для пайки. После пайки остатки флюса необходимо удалить.

С помощью серебряного припоя можно соединять различные материалы, например, сталь и медь. 15% серебра в припое достаточно, чтобы соединить медь с медью.



Ac0_0021

Защитный газ

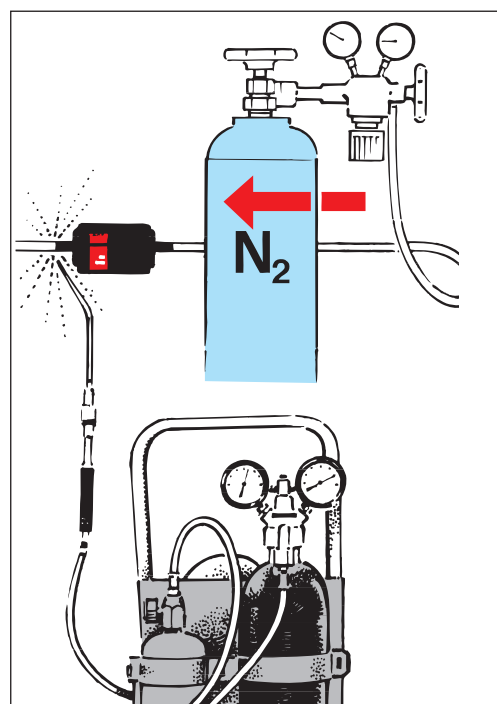
При высоких температурах пайки на воздухе в местах соединения образуются продукты окисления (окалина).

Для защиты мест пайки от окалина в систему подают защитный газ. Пропустите через трубы слабый расход сухого инертного газа.

Пайку начинайте, когда в соединяемых деталях не останется воздуха. Начинайте пайку при большом расходе защитного газа, который должен быть снижен до минимума после начала пайки.

Слабый расход защитного газа необходимо поддерживать в течение всего процесса пайки.

Пайку рекомендуется проводить в атмосфере азота при рассеянном факеле пламени. Припой вводите только при достижении температуры точки его плавления.



Ac0_0019

Вилочная горелка



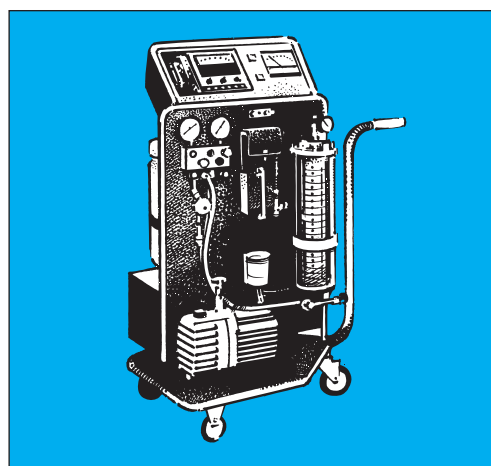
Am0_0018

Вакуумирование и заправка системы

Вакуумирование системы проводится с помощью вакуумного насоса до давления приблизительно 0,67 мбар в два этапа.

При вакуумировании из системы должны быть удалены влага, атмосферный воздух и защитный газ. По возможности проводите двухстороннее вакуумирование: со стороны всасывания и нагнетания компрессорно-конденсаторного агрегата.

Для вакуумирования используйте служебные штуцеры на сторонах всасывания и нагнетания агрегата.



Ac0_0023

Для заправки системы с небольшими компрессорно-конденсаторными агрегатами используйте индикатор уровня жидкости (смотровое стекло), мерный баллон и/или весы. Если в систему установлен заправочный вентиль, заправку проводите хладагентом в жидкой фазе через линию жидкости.

Заправку можно также проводить газообразным хладагентом через запорный клапан на линии всасывания при работающем компрессоре (перед включением компрессора устранили вакуум).

При заправке системы не забывайте, что хладагенты R404A, R507 и R407C являются смесями.

Производители хладагентов рекомендуют заправлять хладагент R507 в жидкой или газовой фазе, а хладагент R404A и особенно R407C только в жидкой фазе. Поэтому мы также рекомендуем заправлять хладагенты R404A, R507 и R407C как указано выше и через заправочный вентиль.

Если количество заправляемого хладагента неизвестно, продолжайте заполнение системы до тех пор, пока в смотровом стекле не появятся пузыри. В процессе заправки следите, чтобы температура конденсации и всасываемого газа соответствовала техническим условиям.

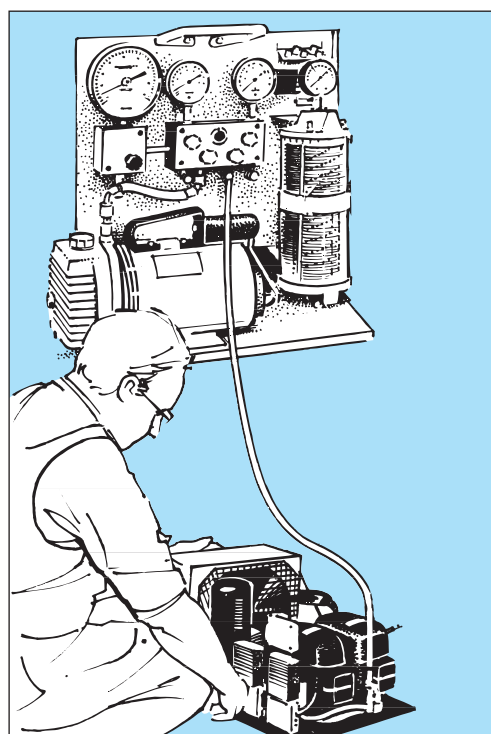
При вакуумировании и заправке компрессорно-конденсаторных агрегатов Данфосс с 1-цилиндровыми компрессорами типа TL, FR, NL, SC и SC-TWIN соблюдайте следующие рекомендации.

При вакуумировании подсоедините оба вакуумных шланга к заправочному агрегату и откройте запорные вентили 1 и 2 (их шпиндели должны находиться в среднем положении).

После вакуумирования соедините с заправочным агрегатом вентили 4 и 5. После этого отключите вакуумный насос.

Соедините баллон с хладагентом с центральным штуцером заправочного агрегата 3 и быстро продуйте заправочный шланг.

Откройте вентиль 4 заправочного агрегата и заправьте систему максимально допустимым количеством хладагента через манометрический штуцер запорного вентиля на линии всасывания при работающем компрессоре.



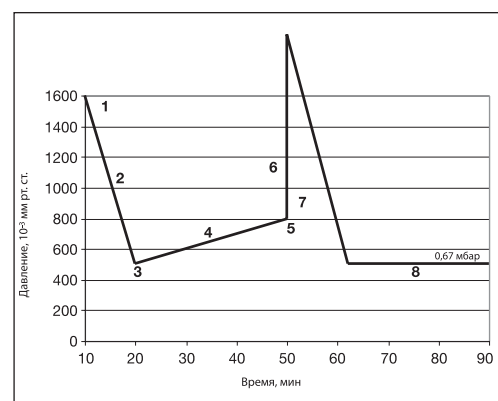
Ac0_0028

Вакуумирование и заправка системы (продолжение)

При вакуумировании и заправке компрессорно-конденсаторных агрегатов Данфосс с герметичными поршневыми компрессорами Мапеигор типа MTZ и NTZ соблюдайте следующие рекомендации.

Вакуумирование системы проводите следующим образом:

1. Закройте служебные вентили компрессорно-конденсаторного агрегата.
2. После проверки системы на наличие течи проведите двухстороннее вакуумирование системы до давления 0,67 мбар (абс.) с помощью вакуумного насоса.
При вакуумировании рекомендуется использовать вакуумные шланги с большим проходным сечением. Подсоедините шланги к служебным вентилям.
3. При достижении в системе давления 0,67 мбар отсоедините ее от вакуумного насоса. В течение следующих 30 минут давление в системе не должно расти. Если оно будет подниматься слишком быстро, значит, в системе имеется течь.
Найдите место течи и устраните ее. Снова проведите вакуумирование системы. Если давление в системе будет подниматься медленно, значит, в системе присутствует влага. Проведите вакуумирование системы.
4. Откройте служебные вентили компрессорно-конденсаторного агрегата и заполните систему азотом. Повторите вакуумирование системы в соответствии с пунктами 2 и 3.



Am0_0019

Общие сведения

Во избежание искрового пробоя обмотки электродвигателя не включайте компрессор, который находится под вакуумом.

Заправка системы сверх максимально допустимого уровня и работа агрегата вне помещения

Если система заправлена хладагентом сверх максимально допустимого уровня и при установке компрессорно-конденсаторного блока вне помещения предусмотрите устройства защиты компрессора.

Максимально допустимое количество заправляемого хладагента указано в технической документации или инструкции по монтажу компрессоров Данфосс. При появлении вопросов обратитесь в торговое представительство компании Данфосс.

Одним из быстрых и простых способов решения проблемы перетекания излишков хладагента в компрессор при его отключении является установка подогревателя картера.

Заправка системы сверх максимально допустимого уровня и работа агрегата вне помещения
(продолжение)

В компрессорно-конденсаторных агрегатах Данфосс с 1-цилиндровыми компрессорами типа TL, FR, NL, SC и SC-TWIN используются подогреватели картера следующих типовразмеров:

- Подогреватель картера для компрессоров TL, FR, NL мощностью 35 Вт, кодовый номер заказа 192H2096.
- Подогреватель картера для компрессоров SC и SC-TWIN мощностью 55 Вт, кодовый номер заказа 192H2095.

Подогреватели ленточного типа устанавливаются на компрессор над сварным швом. В сдвоенных компрессорах SC-TWIN подогреватели должны быть установлены на каждом компрессоре. Электрооборудование работает следующим образом:

При включении главного выключателя контакт реле температуры выполняет переключающие функции, т.е. при отключении компрессора включается подогреватель картера, и наоборот. После длительного простоя системы подогреватель картера необходимо включить за 2-3 часа до включения компрессора.

При установке компрессорно-конденсаторного агрегата вне помещения также рекомендуется использовать подогреватель картера. При этом следует соблюдать рекомендации изготовителей агрегатов.



Am0_0020

Компрессорно-конденсаторные агрегаты Данфосс с герметичными поршневыми 1-, 2- или 4-цилиндровыми компрессорами Mapeuror типа MTZ и NTZ поступают с завода оснащенными саморегулируемым подогревателем картера типа PTC мощностью 35 Вт.

Саморегулируемый подогреватель картера типа PTC защищает компрессор от натекания жидкого хладагента при отключении системы. Надежная защита компрессора обеспечивается, когда температура масла в картере поддерживается на 10 К выше температуры насыщения хладагента.

Убедитесь, что температура масла достигает соответствующего значения как при низких, так и при высоких температурах окружающего воздуха.

В компрессорно-конденсаторных агрегатах, расположенных вне помещения и работающих

при низких температурах воздуха, а также в системах с избыточной заправкой хладагента часто приходится устанавливать дополнительный ленточный подогреватель.

Подогреватель картера следует устанавливать настолько близко к картеру компрессора, насколько это возможно, чтобы обеспечить эффективную передачу тепла к маслу. Ленточные подогреватели картера не являются саморегулируемыми.

Регулирование подачи тепла осуществляется включением подогревателя при отключении компрессора и отключением подогревателя при включении компрессора.

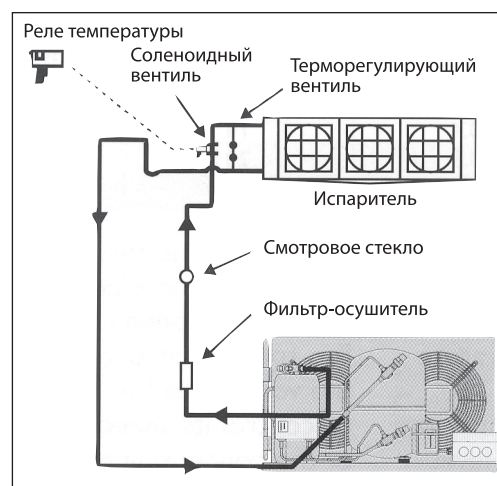
Эти меры предотвращают конденсацию хладагента в компрессоре. Не забывайте включить подогреватель картера за 12 часов до включения компрессора при пуске установки после длительного простоя.

Цикл перекачивания хладагента

Во избежание натекания хладагента в компрессор при длительном простое установки, когда невозможно поддерживать температуру масла на 10 К выше температуры насыщения хладагента с помощью подогревателя картера при отключенном компрессоре или когда жидкий хладагент начинает течь обратно, используется цикл откачивания хладагента со стороны низкого давления на сторону высокого давления.

Соленоидный вентиль на линии жидкости управляется с помощью реле температуры. Когда соленоидный вентиль закрывается, компрессор начинает откачивать хладагент на стороне низкого давления, пока реле низкого давления не отключит компрессор при достижении заданного минимально допустимого давления.

При использовании цикла перекачивания давление срабатывания реле должно быть ниже, чем давление насыщения хладагента при наименьшей температуре воздуха вблизи компрессорно-конденсаторного агрегата и испарителя.



Am0_0021

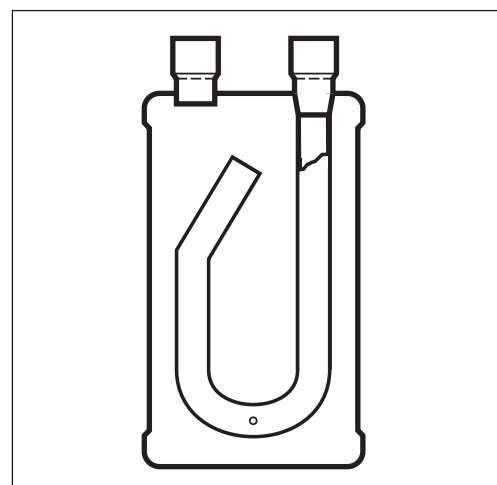
Отделитель жидкости обеспечивает защиту компрессора от натекания хладагента при включении установки, в процессе ее эксплуатации или после оттаивания испарителя горячим газом.

Отделитель жидкости обеспечивает защиту компрессора от натекания хладагента также при длительном простое установки, когда увеличивается свободный внутренний объем линии всасывания системы.

Отделитель жидкости устанавливается в соответствии с рекомендациями изготовителя.

Как правило, компания Данфосс рекомендует, чтобы вместимость отделителя жидкости была не ниже 50% от объема всей системы.

Отделитель жидкости нельзя использовать в системах, заправленных зеотропными хладагентами, например, хладагентом R407C.



Am0_0022

Максимально допустимые температуры

В компрессорно-конденсаторных агрегатах Данфосс с 1-цилиндровыми компрессорами типа TL, FR, NL, SC и SC-TWIN перегрев хладагента на выходе из испарителя (измеренный датчиком температуры терморегулирующего вентиля и соответствующий температуре датчика давления) должен находиться в диапазоне от 5 до 12 K.

Максимальная температура возвратного газа, измеренная на входе в компрессор, составляет 45 °C. Недопустимо высокий перегрев газа на линии всасывания неминуемо ведет к быстрому росту температуры нагнетания.

Температура нагнетания не должна превышать 135 °C для компрессоров типа SC и 130 °C для компрессоров типа TL, NL и FR.

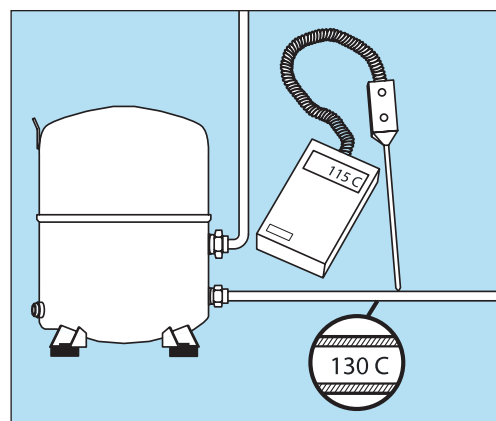
Температура нагнетания измеряется на расстоянии 50 мм от нагнетательного патрубка компрессора.

В компрессорно-конденсаторных агрегатах Данфосс с герметичными поршневыми компрессорами Maneurop типа MTZ и NTZ перегрев хладагента на выходе из испарителя (измеренный датчиком температуры терморегулирующего вентиля) должен находиться в диапазоне от 5 до 12 K.

Максимальная температура возвратного газа, измеренная на всасывающем патрубке компрессора, составляет 30 °C.

Недопустимо высокий перегрев газа на линии всасывания ведет к быстрому росту температуры нагнетания, которая не должна превышать 130 °C.

На линиях нагнетания специальных систем охлаждения (в системах с несколькими испарителями) рекомендуется устанавливать маслоотделитель.



Am0_0023

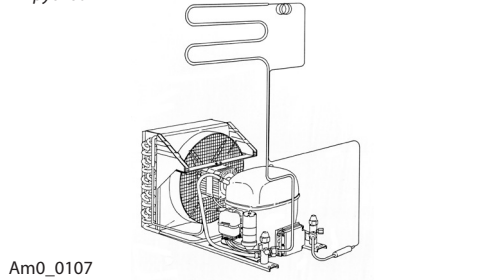
Содержание

	Стр.
1.0 Введение	99
1.1 Поиск неисправностей	99
1.2 Замена реле температуры	100
1.3 Замена электрооборудования	101
1.4 Замена компрессора	101
1.5 Замена хладагента	101
2.0 Правила проведения ремонтных работ	103
2.1 Вскрытие системы.....	103
2.2 Пайка в атмосфере инертного газа.....	104
2.3 Фильтр-осушитель	104
2.4 Проникновение влаги в систему в процессе ремонта	105
2.5 Подготовка компрессора и электрооборудования к ремонту	105
2.6 Пайка	106
2.7 Вакуумирование.....	107
2.8 Вакуумный насос и вакуумный манометр	107
3.0 Обращение с хладагентами	108
3.1 Заправка системы хладагентом	108
3.2 Максимальная заправка хладагента	108
3.3 Испытания	109
3.4 Поиск течи	109
4.0 Замена неисправного компрессора	110
4.1 Подготовка узлов холодильной установки	110
4.2 Слив хладагента	110
4.3 Снятие неисправного компрессора	110
4.4 Удаление остатков хладагента	110
4.5 Снятие фильтра-осушителя	110
4.6 Очистка мест пайки	110
5.0 Замена хладагента R12 другими хладагентами	111
5.1 Замена хладагента R12 альтернативным хладагентом	111
5.2 Замена хладагента R12 хладагентом R134a.....	111
5.3 Замена хладагента R134ф хладагентом R12	111
5.4 Замена хладагента R502 хладагентом R404a	111
6.0 Системы, содержащие влагу	112
6.1 Системы с низкой степенью содержания влаги	112
6.2 Системы с высокой степенью содержания влаги	112
6.3 Осушение компрессора	113
6.4 Заправка системы маслом	113
7.0 Потеря хладагента	114
8.0 Пережог электродвигателя	115
8.1 Кислотность масла	115
8.2 Система со сгоревшим компрессором	115

1.0 Введение

Ремонт и обслуживание холодильных и морозильных установок должны проводиться квалифицированными специалистами, знакомыми с работой систем охлаждения различных типов. Ремонт и обслуживание, которые практиковались ранее, не были так жестко регламентированы, как сейчас, что связано с применением новых хладагентов, некоторые из которых являются горючими.

Рис. 1. Герметичная система охлаждения с капиллярной трубкой

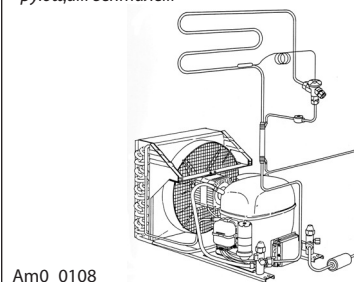


На рисунке 1 показана герметичная система охлаждения с капиллярной трубкой в качестве расширительного устройства. Системы охлаждения этого типа используются в большинстве домашних и маломощных торгово-промышленных холодильников, фризерах для мороженого и охладителях напитков.

На рисунке 2 показана герметичная система охлаждения с терморегулирующим вентилем. Системы этого типа, в основном, используются

в торгово-промышленных холодильниках.

Рис. 2. Герметичная система охлаждения с терморегулирующим вентилем



Ремонт и обслуживание таких систем проводить сложнее, чем смонтировать новую систему, так как условия на рабочей площадке обычно хуже, чем на производственной линии или в цеху.

Условием качественного обслуживания холодильной установки является квалифицированный технический персонал, т.е. персонал, имеющий хорошую подготовку, опыт работы, знание объекта обслуживания, аккуратность и интуицию.

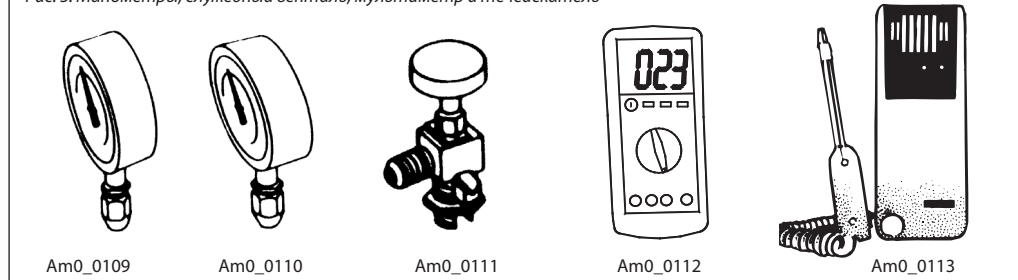
Цель данного руководства — повысить квалификацию технических специалистов путем изучения основных правил ремонта и обслуживания. Это, в основном, относится к ремонту систем охлаждения бытового назначения «в полевых условиях», но эти знания можно также использовать при ремонте и обслуживании торгово-промышленных герметичных холодильных установок.

1.1 Поиск неисправностей

Перед проведением работ необходимо разработать план ремонта, т.е. выявить все компоненты, подлежащие замене, и все наличные ресурсы. Чтобы выполнить этот план, сначала необходимо найти неисправности. Для этого используются инструменты, показанные на рис. 3. Это манометры, устанавливаемые на линиях всасывания и нагнетания, служебные вентили, мультиметр (измеритель напряжения, тока и сопротивления) и течеискатель. Во многих случаях состав инструментов зависит

от решения пользователя о возможной неисправности и необходимости сделать точный диагноз. Предполагается, что специалист по обслуживанию холодильных установок обладает необходимыми знаниями о работе системы охлаждения и имеет необходимые запасные части. Здесь не будет обсуждаться методика развернутого поиска неисправностей, однако общие неисправности системы, такие как невозможность включения и работы компрессора, будут рассмотрены более подробно.

Рис. 3. Манометры, служебный вентиль, мультиметр и течеискатель



Разомкнулся главный выключатель

Основной причиной размыкания главного выключателя является срабатывание плавкого предохранителя вследствие неисправности обмоток или устройства защиты электродвигателя, короткое замыкание цепи или высокий ток в обмотке компрессора. При таких неисправностях компрессор следует заменить.

Компрессор

Выход из строя компрессора может быть следствием неправильно выбранного пускового устройства и электродвигателя компрессора. Могут быть неисправны электродвигатель или

устройство защиты обмоток, или заблокирован компрессор.

Частой причиной пониженной холодопроизводительности системы являются коксование или омеднение ее поверхностей из-за наличия в системе влаги или неконденсирующихся газов.

Протекающие прокладки и разбитые клапаны являются следствием слишком высоких пиковых давлений при гидравлических ударах в компрессоре, причиной которых является слишком большая заправка хладагента или блокирование капиллярной трубки.

1.1

Поиск неисправностей (продолжение)

Может быть слишком низким напряжение электропитания или слишком высоким давление в компрессоре.

Невыровненное давление является причиной срабатывания устройства защиты компрессора и перегрева обмоток после включения. Неисправность вентилятора также может повлиять на нагрузку компрессора, привести к срабатыванию устройства защиты или пробитию прокладок. В случае неудачного пуска при холодном компрессоре устройство защиты возвратится в исходное состояние и даст возможность включить компрессор снова только через 15 минут. Если устройство защиты сработало при горячем компрессоре, оно возвратится в исходное состояние только через 45 минут. При поиске систематически возникающей неисправности рекомендуется на 5 минут отключить электропитание компрессора. Этого достаточно, чтобы пусковое устройство охладилось и смогло включить компрессор. При кратковременном сбое электропитания, произошедшем в начале процесса охлаждения, возможна блокировка устройства защиты и пускового устройства РТС. В системе, в которой не выровнено давление, компрессор с пусковым устройством РТС включиться не сможет, поскольку пусковое устройство не успеет так быстро охладиться. Обычно требуется не менее 1 ч, чтобы холодильник заработал нормально.

Реле высокого и низкого давлений

Срабатывание реле высокого давления может произойти вследствие слишком высокого давления конденсации, вызванного недостаточной производительностью вентилятора.

Срабатывание реле низкого давления является следствием недостаточной заправки хладагента, течи в системе, намерзания инея на испарителе или частичным закупориванием расширительного устройства. Срабатывание

реле может быть также следствием механической неисправности, неправильной настройки дифференциала и уставки давления или колебания давления в системе.

Реле температуры

Причиной отключения компрессора может быть неисправное или неправильно настроенное реле температуры. Если в датчике (термобаллоне) реле недостаточно наполнителя или если настройка реле слишком высокая, компрессор не отключится. Отключение компрессора может быть также вызвано неправильным электрическим соединением. Слишком малый дифференциал (разность между температурой включения и температурой отключения термореле) может служить причиной слишком короткого интервала времени между двумя включениями компрессора, что может привести к проблемам при запуске системы с компрессором с низким пусковым моментом (LST). (См. также раздел 1.2 «Замена реле температуры»).

Более подробная информация приведена в разделе «Поиск и устранение неисправностей в системах охлаждения с герметичными компрессорами». Перед открытием системы и особенно перед заменой компрессора необходимо провести тщательный анализ причин неисправности. Операции по ремонту холодильной установки являются довольно дорогими. Перед вскрытием старой системы охлаждения следует убедиться, что компрессор действительно неисправен и требует замены. Проведите оценку состояния масла, заправленного в компрессор. Небольшое количество масла слейте в чистый стеклянный стакан и сравните его с образцом нового масла. Если слитое масло имеет темный цвет, непрозрачно и содержит примеси, компрессор необходимо заменить.

1.2

Замена реле температуры

Перед тем, как заменить компрессор, желательно проверить состояние реле температуры.

Проведите простую проверку реле температуры, замкнув его контакты так, чтобы на компрессор подавалось электропитание мимо пускового устройства. Если компрессор начнет работать, значит, реле температуры необходимо заменить. При замене реле температуры важно найти прибор аналогичного типа, что бывает довольно трудно, поскольку рынок заполнен реле различного назначения. Чтобы сделать этот выбор, по возможности, простым, некоторые производители, в том числе и компания Данфосс, разработала так называемое «сервисное» реле температуры, поставляемое в комплекте со всеми принадлежностями, необходимыми для его обслуживания и ремонта.

Рис. 4. Комплект сервисного термореле



Am0_0114

Имея восемь комплектов, каждый из которых относится к холодильнику или системе охлаждения одного типа, можно провести обслуживание и ремонт термореле почти всех систем охлаждения (рис. 4). Область применения каждого термореле имеет очень широкий диапазон. Кроме того, они имеют дифференциал, достаточный для удовлетворительного выравнивания давления в период отключения системы. Для того, чтобы реле температуры правильно выполняло заданные функции, его датчик (последние 100 мм на конце капиллярной трубки) должен быть в полном контакте с испарителем. После замены реле температуры следует проверить, как работает компрессор в теплом и холодном состоянии и достаточен ли интервал времени между двумя включениями компрессора для выравнивания давления в системе при использовании компрессора с низким пусковым моментом (LST). Большинство термореле позволяют увеличить температурный дифференциал с помощью регулировочного винта дифференциала. Перед настройкой термореле проверьте по сопроводительной документации, в какую сторону следует вращать регулировочный винт. Дифференциал можно также увеличить, подложив между датчиком и испарителем небольшой кусочек пластика. Пластик толщиной 1 мм приводит к увеличению дифференциала примерно на 1 К.

1.3 Замена электрооборудования

Причина выхода компрессора из строя может заключаться в неисправности электроаппаратуры: пускового реле или пускового устройства РТС, устройства защиты компрессора, пускового или рабочего конденсатора. Неисправность пускового конденсатора может быть вызвана слишком низкой настройкой дифференциала реле температуры, так как пусковой конденсатор может выдерживать не более 10 включений за час.

Если неисправно устройство защиты обмоток электродвигателя, встроенное внутрь герметичного компрессора, компрессор придется заменить.

При замене компрессора следует также сменить всю электроаппаратуру, т.к. старое электрооборудование может послужить причиной выхода компрессора из строя позднее.

1.4 Замена компрессора

При замене компрессора специалист по обслуживанию установки должен установить новый компрессор, технические характеристики которого соответствуют характеристикам системы охлаждения. Если найден компрессор, идентичный заменяемому и способный работать с хладагентом, заправленным в систему, никаких проблем не возникнет. Однако во многих случаях найти аналогичный компрессор невозможно и тогда перед специалистом возникают проблемы. Если необходимо заменить компрессор от одного изготовителя на компрессор от другого, трудно выбрать нужный агрегат и поэтому следует сравнивать их параметры.

Электрические характеристики нового компрессора (напряжение и частота) должны соответствовать характеристикам сети электропитания. Должны совпадать области эксплуатации (низкая, средняя или высокая температура кипения). Холодопроизводительность нового компрессора должна быть равна холодопроизводительности старого. Если производительность старого

компрессора неизвестна, следует провести сравнение их рабочих объемов (объемов цилиндра). Рекомендуется выбирать новый компрессор чуть большей мощности, чем старый.

Для систем с капиллярной трубкой и выравниванием давления в период отключения системы следует выбирать компрессор с низким пусковым моментом (LST), а для систем с терморегулирующим вентилем и без выравнивания давления — компрессор с высоким пусковым моментом (HST). Конечно, компрессор с высоким пусковым моментом можно использовать и в системах с капиллярной трубкой.

Наконец, необходимо учитывать условия охлаждения компрессора. Если система имеет устройство для охлаждения масла, следует выбирать компрессор с маслоохладителем.

Замена компрессора без маслоохладителя компрессором с маслоохладителем обычно не вызывает никаких проблем, так как змеевик теплообменника можно проигнорировать.

1.5 Замена хладагента

Наилучшим вариантом при замене хладагента является использование хладагента того же типа, которым была заправлена система.

Компрессоры Данфосс предназначены для работы с хладагентами R12, R22, R502, R134a, R404A/R507/R407C, а также с горючими хладагентами R290 и R600a.

Хладагенты R12 и R502, применение которых ограничено Монреальским протоколом, используются в немногих странах и вскоре будут сняты с производства. Безопасный для окружающей среды хладагент R134a во многих установках заменил хладагент R12, а хладагенты R404A и R507 заменили хладагенты R22 и R502.

Горючие хладагенты R290 и R600a

Максимальная заправка горючих хладагентов в соответствии с действующими стандартами не должна превышать 150 г. Этими хладагентами заправляются только небольшие холодильники.

Горючие хладагенты должны использоваться только в системах охлаждения, отвечающих

требованиям стандарта EN/IEC 60335-2-24 или —2-89, включая требования к горючим хладагентам и техническому персоналу в части обращения с горючими веществами. В эти требования входят умение обращаться с инструментами, знание правил транспортировки компрессоров и хладагентов, а также правил техники безопасности.

Использование открытого огня или электрических приборов вблизи места работы с горючими хладагентами R290 и R600a также регламентируется действующими правилами.

Системы охлаждения с горючими хладагентами необходимо открывать только с помощью резчика труб.

Замена хладагентов R12 или R134a на хладагент R600a не допускается, так как холодильники не имеют разрешения на работу с горючими хладагентами, а их устройства защиты не проверены в соответствии с действующими стандартами. То же самое относится к замене хладагентов R22, R502 или R134a на хладагент R 290.

Смеси хладагентов

Хладагент	Торговое обозначение	Компоненты	Заменяют	Область эксплуатации	Масло
R401A	Suva MP39	R22, R152a, R124	R12	Низкие и средние температуры кипения	Алкилбензоловое
R401B	Suva MP66	R22, R152a, R124	R12	Низкие температуры кипения	Алкилбензоловое
R402A	Suva HP80	R22, R125, R290	R502	Низкие температуры кипения	Полиэфирное Алкилбензоловое
R402B	Suva HP81	R22, R125, R290	R502	Низкие и средние температуры кипения	Полиэфирное Алкилбензоловое

1.5

Замена хладагента
(продолжение)

Смеси хладагентов

При внедрении новых, безопасных для окружающей среды, хладагентов R134a и R404A были внедрены также смеси хладагентов. Они менее опасны, чем широко используемые ХФУ-хладагенты R12 и R502.

Во многих странах смеси хладагентов было разрешено применять в течение ограниченного периода времени, что означает, что они не были широко распространены и заправлялись только в небольшие герметичные системы охлаждения.

Применение этих хладагентов в серийной продукции не приветствовалось, но при замене хладагентов они использовались довольно часто (см. таблицу).

Дозаправка

Этот термин используется при добавлении в действующую систему охлаждения другого хладагента, отличающегося от заправленного в систему. Проблем с дозаправкой можно избежать, если работа системы с новым хладагентом будет непродолжительной.

В качестве примера можно упомянуть, что для улучшения возврата масла в компрессор в системы с хладагентом R22 часто добавляется небольшое количество хладагента R12.

В некоторых странах добавлять хладагент в системы с ХФУ-хладагентами (R12, R502, ...) не разрешается.

Добавка

Этот термин означает, что при техническом обслуживании установки примерно 90% заправленного в систему минерального масла сливается и заменяется синтетическим маслом. При этом устанавливается фильтр-осушитель подходящего размера. Кроме того, система заправляется другим хладагентом соответствующего типа (например, смесью хладагентов).

Ретрофит (модернизация)

Этот термин используется при замене ХФУ-хладагентов безопасными для окружающей среды ГФУ-хладагентами.

В этом случае система охлаждения промывается, а старый компрессор заменяется новым, способным работать с ГФУ-хладагентами.

Масло в компрессоре заменяется на соответствующее полиэфирное масло.

Масло необходимо менять несколько раз после кратковременной работы системы. Также рекомендуется заменять фильтр-осушитель.

При замене масла необходимо получить разрешение у предприятия-изготовителя.

2.0 Правила проведения ремонтных работ

2.1 Открытие системы

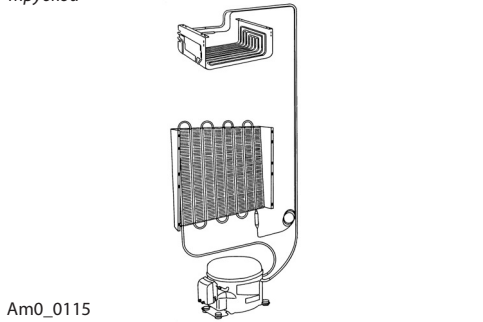
Для обеспечения надежной работы системы охлаждения и достижения заданного срока службы содержание в системе посторонних включений, влаги и неконденсирующихся газов должно быть как можно ниже.

При монтаже новой системы это требование выполнить довольно просто, но после ремонта поврежденной системы положение усугубляется. Одним из основных препятствий

для поддержания нужной чистоты является то, что выход из строя компонентов системы провоцирует возникновение нежелательных химических процессов, а открытие системы способствует проникновению в нее различных загрязнений.

Чтобы ремонт прошел успешно, примите необходимые меры предосторожности. Изучите общие правила и условия проведения ремонтных работ.

Рис. 5. Герметичные системы охлаждения с капиллярной трубкой



Если система охлаждения заправлена горючим хладагентом, например, R600a или R290, это видно по этикетке на компрессоре. Компрессоры Данфосс в данном случае снабжаются этикеткой, которая показана на рис. 6.

Рис. 6. Этикетка на компрессоре, работающем с хладагентом R600a



Обслуживание и ремонт таких систем должны проводить специально обученные специалисты. Они должны владеть соответствующими инструментами, знать правила транспортировки компрессоров и хладагентов, а также изучить соответствующие инструкции и правила техники безопасности.

Работа с огнем в присутствии горючих хладагентов R600a и R290 должна проводиться в соответствии с действующими инструкциями.

На рисунке 7 показан сервисный вентиль, устанавливаемый на трубопроводе системы охлаждения для слива и сбора хладагента в соответствии с инструкцией.

Рис. 7. Сервисный вентиль

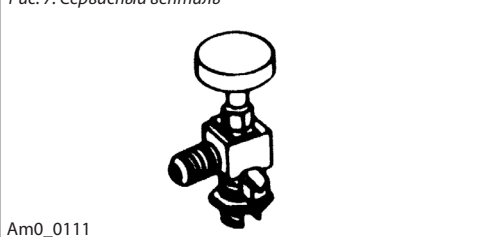
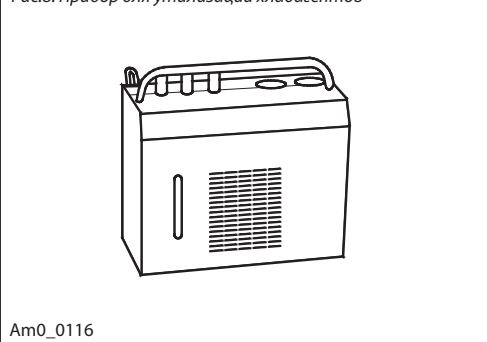


Рис. 8. Прибор для утилизации хладагентов



Перед тем, как начать резку труб, обработайте место резки наждачной шкуркой. Таким образом, трубы будут подготовлены для последующей пайки и попадание грязи в систему будет исключено.

При резке труб никогда не пользуйтесь ножовкой по металлу. Резку труб проводите только резчиком труб. Даже небольшая стружка, попавшая в систему, может вызвать выход компрессора из строя.

Весь хладагент, содержащийся в системе, необходимо слить, как указано в инструкции.

При резке капиллярной трубки не производите заусенцев и не деформируйте трубку. Режьте капиллярную трубку специальными ручными рычажными ножницами (рис. 9), иначе вокруг места среза образуются трещины, которые могут привести к ее разрушению.

Рис. 9. Специальные ручные рычажные ножницы для резки капиллярных труб



2.2 Пайка в атмосфере инертного газа

Систему, заправленную хладагентом, нельзя нагревать. В заправленной системе нельзя проводить пайку. Особенно это относится к системам, заполненным горючим хладагентом.

Пайка в системе, содержащей хладагент, приведет к образованию продуктов разложения хладагента.

После того, как весь хладагент будет слит, заполните систему инертным газом. Это делается продувкой системы сухим азотом. Перед

продувкой система должна быть открыта еще в одном месте. Если компрессор неисправен, рекомендуется разрезать трубы на линии всасывания и нагнетания вблизи компрессора, не вскрывая холодильный контур.

Если компрессор исправен, рекомендуется разрезать трубу холодильного контура. Сначала продуйте инертный газ через испаритель, а затем — через конденсатор. Продувку следует делать при давлении газа на входе в систему приблизительно 5 бар в течение 1-2 минуты.

2.3 Фильтр-осушитель

Фильтр-осушитель адсорбирует то небольшое количество воды, которое попадает в систему за время ее эксплуатации. Кроме того, он действует как фильтр, защищая капиллярную трубку от закупоривания и устраняя проблемы с попаданием грязи в терморегулирующий вентиль.

Если система охлаждения вскрыта, всегда меняйте фильтр-осушитель, что гарантирует отсутствие влаги в обслуживаемой системе.

Замена фильтра-осушителя проводится без использования открытого пламени. При нагреве фильтра поглощенная им вода попадает обратно в систему. Необходимо также допускать, что в системе могут содержаться остатки горючих хладагентов.

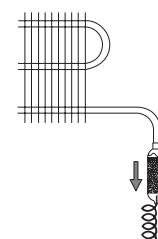
При отсутствии горючих хладагентов можно использовать открытое пламя, но при этом необходимо разрезать капиллярную трубку и в процессе замены продувать через фильтр инертный газ в сторону открытого контура.

Обычно фильтр-осушитель способен адсорбировать воду в количестве около 10% от массы осушителя. В большинстве случаев возможности фильтра полностью не используются, но всегда рекомендуется выбирать фильтр большей производительности, чем это необходимо для системы.

Новый фильтр-осушитель должен быть сухим. Обычно с этим не бывает проблем, но важно быть уверенным, что фильтр имеет хорошее уплотнение, не пропускающее влагу при хранении и транспортировке. Фильтр-осушитель

устанавливают так, чтобы направление потока теплоносителя и направление силы тяжести совпадали. Тем самым гарантируется, что частицы материала типа «молекулярное сито» не будут тереться друг с другом и производить грязь, которая может закупорить вход капиллярной трубки. Вертикальное положение фильтра-осушителя способствует также более быстрому выравниванию давления в системах с капиллярной трубкой (рис. 10).

Рис. 10. Правильная установка фильтра-осушителя



Am0_0119

Поскольку молекулы воды имеют размер порядка 2,8 А, фильтры из материала типа «молекулярное сито» с размером ячейки 3 а способны работать в системах с обычными хладагентами, задерживая молекулы воды и пропуская молекулы хладагента.

Компрессор	Осушитель
Р и Т	Не менее 6 г
F и N	Не менее 10 г
SC	Не менее 15 г

Осушители из материала типа «молекулярное сито» с размером пор около 3 а поставляются компаниями:

UOP Molecular Sieve Division, USA (бывший Union Carbide)	4A-XH6	4A-XH7	4A-XH9
R12	x	x	x
R22, R502	x		x
R134a, R404A		x	x
Смеси ГФУ- и ГХФУ-хладагентов			x
R290, R600a		x	x
Grace Davison Chemical, USA		574	594
R12, R22, R502		x	x
R134a			x
Смеси ГФУ- и ГХФУ-хладагентов			x
R290, R600a			x
CECA S.A., France		NL30R	Siliporite H3R
R12, R22, R502		x	x
R134a			x
Смеси ГФУ- и ГХФУ-хладагентов			x
R290, R600a			x

Фильтры-осушители с размером ячеек 3 А:
В торгово-промышленные системы охлаждения рекомендуется устанавливать фильтры Данфосс типа DML.

Если необходимы фильтры, не содержащие

окиси алюминия, в системы с хладагентами R134a R404A можно устанавливать антикислотные фильтры DCC или DAS.

В системы с хладагентами R600a и R290 рекомендуется устанавливать фильтры DCLE032.

2.4 Проникновение влаги в систему в процессе ремонта

Во избежание проникновения влаги система охлаждения может быть открыта не более 15 минут, поэтому проводите ремонт быстро. Перед вскрытием системы убедитесь, что все компоненты, предназначенные для замены, находятся рядом.

Если ремонт нельзя закончить полностью, открытую систему следует тщательно уплотнить и заполнить сухим азотом под небольшим избыточным давлением.

2.5 Подготовка компрессора и электрооборудования к ремонту

При установке компрессора подкладывайте под его основание резиновые прокладки. Если компрессор опрокинется, в его патрубках соберется масло, что приведет к проблемам при пайке. Не используйте прокладки, взятые с неисправного компрессора, поскольку они менее эластичны, чем новые прокладки.

Снимите колпачки с патрубков компрессора и припаяйте трубы холодильного контура к патрубкам. Пока компрессор не врезан в систему, держите его закрытым.

Если ремонт задерживается, уплотните патрубки компрессора, штуцеры фильтра-осушителя и систему охлаждения.

Не оставляйте алюминиевые колпачки на патрубках компрессора.

Алюминиевые колпачки защищают компрессор от повреждения в процессе хранения и транспортировки, но не обеспечивают герметичности системы, находящейся под давлением. Наличие колпачков гарантирует, что компрессор не открывался после отгрузки с завода. Если колпачки отсутствуют или повреждены, компрессор нельзя устанавливать в систему, пока он не будет осушен и снова заправлен маслом.

Не используйте старое электрооборудование повторно.

С новым компрессором рекомендуется использовать только новые электрические компоненты, поскольку старые могут привести к выходу компрессора из строя.

Не включайте компрессор с неуккомплектованным пусковым устройством.

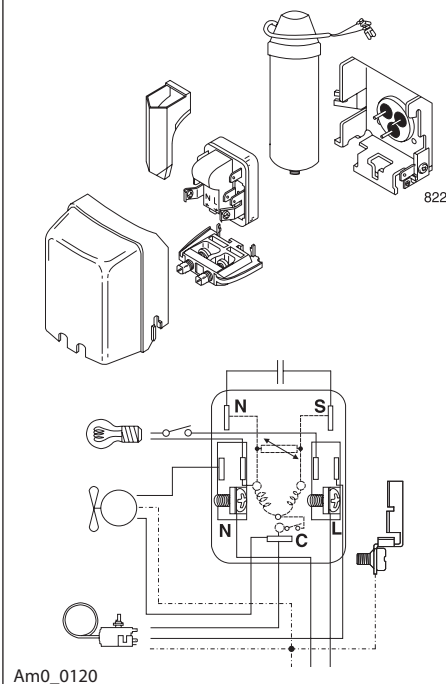
Поскольку часть электрического сопротивления цепи приходится на пусковое устройство, включение компрессора с неуккомплектованным пусковым устройством не обеспечит заданного пускового момента и может привести к быстрому нагреву пусковой обмотки компрессора и выходу его из строя.

Не включайте компрессор, находящийся под вакуумом.

Включение компрессора, находящегося под вакуумом, может привести к разрушению электрических контактов внутри компрессора, поскольку изолирующие свойства воздуха снижаются по мере уменьшения давления.

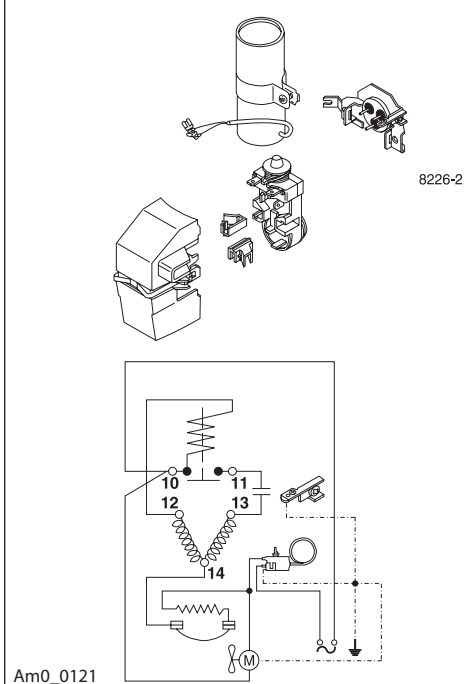
На рисунке 11 показана монтажная схема компрессора с пусковым устройством РТС и устройством защиты обмоток. Рабочий конденсатор, подсоединенный к клеммам N и S, уменьшает энергопотребление компрессора.

Рис. 11. Монтажная схема компрессора с пусковым устройством РТС и устройством защиты обмоток



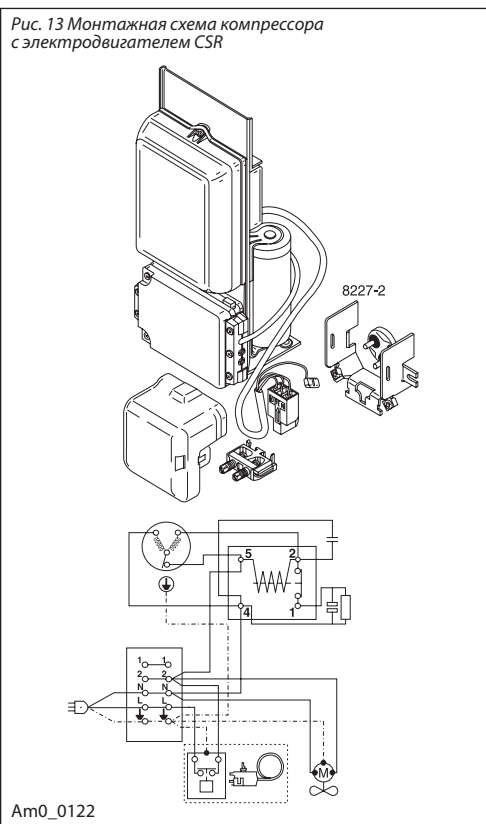
На рисунке 12 показана монтажная схема компрессора с пусковым реле, пусковым конденсатором и устройством защиты электродвигателя, установленным снаружи компрессора.

Рис. 12. Монтажная схема компрессора с пусковым реле и пусковым конденсатором



2.5
Подготовка компрессора
и электрооборудования
к ремонту
(продолжение)

На рисунке 13 показана монтажная схема компрессора большой мощности типа SC с электродвигателем типа CSR.



2.6
Пайка

При монтаже системы очень важно провести правильную пайку стыков.

Рекомендуемая посадка деталей при проведении пайки твердым припоем.

	Материал	Материал
Серебряный припой	Медные трубы	Стальные трубы
Easy-flo	0.05 - 0.15 мм	0.04 - 0.15 мм
Argo-flo	0.05 - 0.25 мм	0.04 - 0.2 мм
Sil-fos	0.04 - 0.2 мм	Не применяется

Патрубки компрессоров Данфосс изготовлены из стали и покрыты медью. Они приварены к корпусу компрессора и не повреждаются в процессе нагрева при пайке.

Более подробная информация по вопросам пайки приведена в разделе «Инструкции по монтажу».

2.7 Вакуумирование

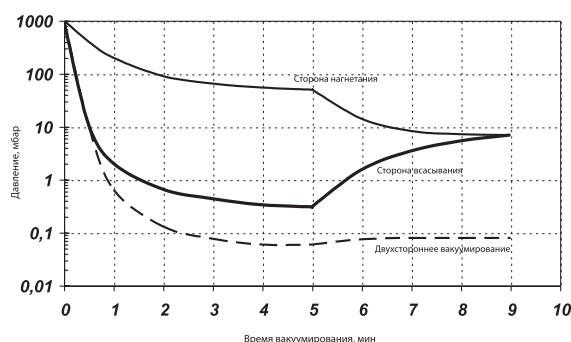
После того, как система будет собрана, ее следует отвакуумировать (удалить воздух из системы) и заправить хладагентом. Вакуумирование необходимо для правильной работы системы охлаждения. Основная цель вакуумирования — уменьшить количество неконденсирующихся газов (НКГ) в системе и удалить из нее влагу. Влага, содержащаяся в системе, может вызвать закупоривание льдом проходных отверстий, вступать в реакцию с хладагентом, вызывать старение масла, ускорять окислительные процессы и способствовать гидролизу изоляционных материалов.

Вакуумирование системы охлаждения. Неконденсирующиеся газы являются причиной повышенного давления конденсации и увеличивают опасность возникновения процессов коксования, а также вызывают повышенный расход энергии в холодильной установке. Объемное содержание НКГ в системе не должно превышать 1%.

Вакуумирование можно проводить различными способами в зависимости от объема стороны всасывания и нагнетания. Если испаритель

и компрессор имеют большой объем, может быть проведено одностороннее вакуумирование, в противном случае рекомендуется проводить двухстороннее вакуумирование. Одностороннее вакуумирование проводится через технологический штуцер компрессора, но при этом способе откачки воздуха достигается не слишком глубокий вакуум, а содержание НКГ в системе остается довольно большим. Удаление воздуха из линии нагнетания системы в этом случае осуществляется через капиллярную трубку, которая представляет собой узел с большим гидравлическим сопротивлением. В результате давление разрежения на стороне нагнетания будет выше, чем на стороне всасывания. Основным фактором, влияющим на содержание НКГ после вакуумирования, будет выравнивание давления в системе, которое зависит от объема системы. Действительно, объем системы на стороне нагнетания составляет 10-20% от общего объема, поэтому высокое конечное давление на стороне нагнетания оказывает меньшее влияние на выравнивание давления, чем низкое давление в большом объеме на стороне всасывания.

Рис. 14. Процесс вакуумирования

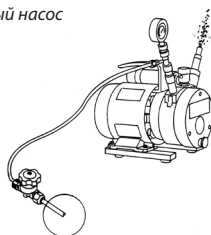


Am0_0133

2.8 Вакуумный насос и вакуумный манометр (вакуумметр)

Вакуумирование системы проводят вакуумным насосом (рис. 15).

Рис. 15. Вакуумный насос



Am0_0135

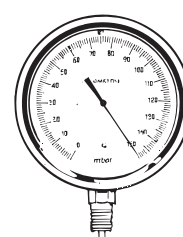
В качестве стационарной установки используется двухступенчатый вакуумный насос производительностью 20 м³/ч, но для вакуумирования систем охлаждения небольшого объема рекомендуется использовать вакуумный насос производительностью 10 м³/ч, поскольку он не такой тяжелый.

Применять для этой цели герметичный компрессор нежелательно, т.к. он не может откачать систему до необходимого низкого давления и, кроме того, компрессор, используемый в качестве вакуумного насоса, слишком перегревается и может выйти из строя. Электри-

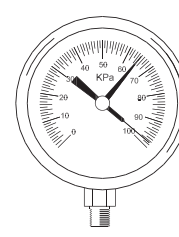
ческое сопротивление воздуха уменьшается с падением давления, поэтому возможен пробой изоляции на токонесущих проводах или в обмотках электродвигателя. Этот насос можно использовать для вакуумирования всех систем, заправленных хладагентами различного типа с полиэфирным маслом. Для вакуумирования систем охлаждения с горючими хладагентами R600 и R290a следует иметь вакуумный насос во взрывобезопасном исполнении.

Нет смысла использовать вакуумный насос, если давление в системе нельзя измерить. В этом случае рекомендуется использовать вакуумный манометр в прочном корпусе (рис. 16), который способен измерять давления ниже 1 бар.

Рис. 16. Вакуумный манометр



Am0_0136



Am0_0137

3.0 Обращение с хладагентами

Для обеспечения длительного срока службы системы содержание влаги в хладагенте не должно превышать 200 ppm (20 мг/кг).

Не переливайте хладагент из большой емкости в небольшую тару с помощью промежуточных контейнеров, так как с каждым переливом содержание воды в хладагенте увеличивается.

Горючие хладагенты R290 и R600a храните и транспортируйте только в сертифицированных контейнерах. Обращайтесь с горючими хладагентами в соответствии с действующими инструкциями.

Не пользуйтесь открытым огнем вблизи мест хранения хладагентов R290 и R600a.

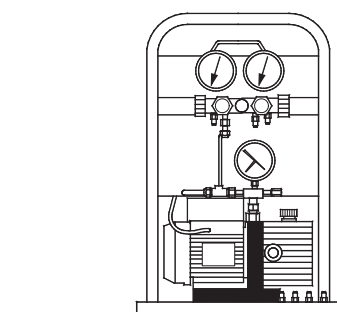
Разрезайте систему охлаждения только с помощью резчика труб.

Замена хладагентов R12 или R134a хладагентом R600a не допускается, поскольку холодильники не прошли сертификацию для работы с горючими хладагентами, а их устройства защиты не проверены на соответствие действующим стандартам. То же самое относится к замене хладагентов R22, R502 и R134a хладагентом R290.

3.1 Заправка системы хладагентом

Обычно, если имеется нужный тип хладагента и известно количество заправляемого хладагента, заправка системы не вызывает никаких проблем (рис. 17).

Рис. 17. Заправочный агрегат



Am0_0138

Тип хладагента и его количество устанавливаются производителем холодильника. Во многих случаях эта информация указана на заводской табличке холодильника. Компрессора различных марок содержат различное количество масла, поэтому при переходе к другой марке компрессора рекомендуется скорректировать количество заправляемого хладагента.

Заправка хладагента проводится по весу или по массе. Горючие хладагенты R290 и R600a заправляются по массе. Заправку по объему рекомендуется делать с помощью мерного стакана.

Хладагент R404A и все другие хладагенты этой серии следует заправлять в жидкой фазе. Если количество заправляемого хладагента неиз-

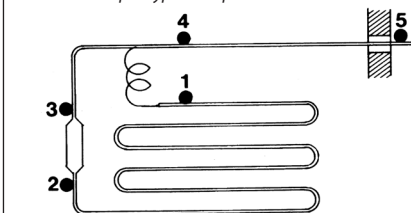
вестно, заправку проводите постепенно, пока не будет достигнуто правильное распределение температуры в испарителе.

Рекомендуется перезаправить систему и затем постепенно сливать хладагент, пока в ней не останется нужное количество хладагента. Заправку хладагента делают при работающем компрессоре при отсутствии тепловой нагрузки на систему с закрытой дверью холодильника.

При правильной заправке температура на входе и выходе испарителя должна быть одной и той же.

Температура всасывающего патрубка компрессора должна быть примерно равна температуре окружающего воздуха. В этом случае попадание влаги в теплоизоляцию холодильника будет исключено (рис. 18).

Рис. 18. Температура испарителя



Am0_0139

Системы с терморегулирующим вентилем заправляйте хладагентом до тех пор, пока в смотровом стекле не исчезнут пузыри. Смотровое стекло должно быть расположено как можно ближе к терморегулирующему вентилю.

3.2 Максимальная заправка хладагента

При превышении максимально допустимого объема заправки, указанного в технической документации, после холодного включения компрессора масло в нем начнет пениться и может повредить клапанную доску компрессора.

Заправка хладагента не должна превышать количество жидкости, которое может поместиться на стороне нагнетания системы.

При заправке обращайтесь также к технической документации на компрессор, так как максимальное количество заправляемого хладагента для отдельных типов холодильников может отличаться от заявленного в формуляре.

Верхний безопасный предел заправки системы горючими хладагентами R290 и R600a составляет 150 г. Максимальная заправка системы негорючими хладагентами лимитируется гидравлическим ударом.

Тип компрессора	Максимальная заправка хладагента, г			
	R134a	R600a	R290	R404A
P	300 g	120 g		
T	400 g	150 g	150 g	600 g
TL...G	600 g	150 g	150 g	
N	400 g	150 g	150 g	
F	900 g	150 g		850 g
SC	1300 g		150 g	1300 g
SC-Twin	2200 g			

3.3 Испытания

По окончании ремонтных работ необходимо убедиться, что замена оборудования принесла ожидаемые результаты. Необходимо убедиться, что испаритель охлаждается нормально и обеспечивает заданные температуры.

Для систем с капиллярной трубкой следует проверить, как работает компрессор по командам реле температуры. Далее необходимо проверить, обеспечивает ли дифференциал реле температуры достаточный интервал

времени для выравнивания давления в системе, чтобы компрессоры с низким пусковым моментом (LST) включались без срабатывания устройства защиты электродвигателя.

В районах, где падение напряжения электропитания не так уж редко, следует проверить производительность компрессора при напряжении в сети, равном 85% от номинального, поскольку при падении напряжения пусковой и крутящий моменты электродвигателя также падают.

3.4 Поиск течи

Герметичные системы охлаждения не должны пропускать хладагент. Чтобы холодильная установка достаточно долго работала, утечки хладагента не должны превышать 1 г за год.

Поскольку во многих системах охлаждения с горючими хладагентами R600a и R290 заправка не превышает 50 г, утечки в них не должны превышать 0,5 г за год. Такие небольшие потери можно измерить только высокоточным испытательным оборудованием.

Необходимо проверить все паяные соединения, в том числе места, где ремонтные работы не проводились.

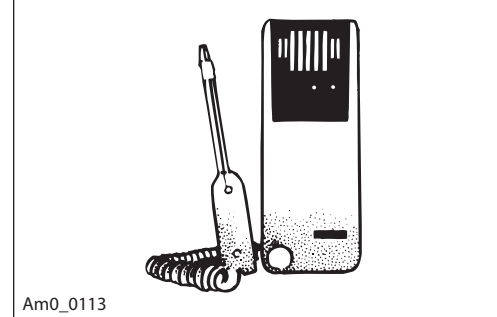
Стыки на стороне нагнетания системы (от нагнетательного патрубка компрессора до конденсатора и фильтра-осушителя) следует проверять при работающем компрессоре, поскольку он создает высокое давление.

Испаритель, трубопроводы линии всасывания и компрессор следует проверять при отключенном компрессоре и при выровненном давлении в системе, поскольку в этом случае

давление на стороне всасывания оказывается самым высоким (рис. 19).

Если нет электронного течеискателя (рис. 19), стыки можно проверить с помощью мыльной пены или распылителя, но микроскопические течи этим способом обнаружить нельзя.

Рис. 19. Электронный течеискатель



4.0 Замена неисправного компрессора

В данном разделе приведен порядок замены неисправного компрессора в герметичных системах охлаждения.

Здесь предполагается, что замена компрессора вызвана повышением давления в системе при нормальном содержании в ней влаги. Тип управляемого хладагента соответствует типу

хладагента при начальной заправке. При поиске неисправности обнаружено, что поврежден компрессор. Если компрессор выйдет из строя в результате перегрева электродвигателя, система будет загрязнена продуктами горения, и порядок замены компрессора будет другим.

4.1 Подготовка узлов холодильной установки

Во избежание проникновения в систему влаги и грязи не вскрывайте ее до того, как будут подготовлены для замены необходимые компоненты установки.

Установите в служебный патрубок нового компрессора технологический отвод с сервисным вентилем.

В некоторых случаях желательно нарастить всасывающий патрубок компрессора соеди-

нительной трубой. Сделать это позже могут помешать стесненные условия на монтажной площадке.

Когда компрессор будет готов, закройте сервисный вентиль и патрубки компрессора. Затем подготовьте фильтр-осушитель, но не снимайте с него защитные крышки.

4.2 Слив хладагента

Установите пробивной вентиль с соединительным шлангом, ведущим к блоку утилизации хладагента, на технологическом отводе компрессора. Вскройте отвод и слейте хладагент в блок утилизации в соответствии с действующими инструкциями.

Соблюдайте правила обращения с хладагентами, приведенные выше.

4.3 Снятие неисправного компрессора

Разрежьте трубы, подходящие к всасывающему и нагнетательному патрубкам компрессора, на расстоянии приблизительно 25-30 мм от патрубков, предварительно зачистив места разреза наждачной шкуркой и подготовив их для последующей пайки.

Для облегчения анализа неисправности и по-

следующего ремонта компрессора укажите в сопроводительном документе причину неисправности и дату монтажа холодильной установки. Компрессоры, работавшие с хладагентами R600a и R290, перед отправкой изготовителю или поставщику должны быть откакумированы и запечатаны.

4.4 Удаление остатков хладагента

Во избежание разложения остатков хладагента в процессе пайки, продуйте систему сухим азотом.

Для этого сначала подсоедините баллон с сухим азотом к разрезу всасывающей трубы, а затем к разрезу нагнетательной трубы.

4.5 Снятие фильтра-осушителя

Фильтр-осушитель, установленный на выходе из конденсатора, можно вырезать резчиком труб. Можно также удалить фильтр с помощью горелки, пропуская небольшой расход сухого

азота со стороны нагнетательной трубы в сторону конденсатора в процессе распайки стыков. Не допускайте при этом нагрева корпуса фильтра.

4.6 Очистка мест пайки

Удалите следы пайки с патрубков компрессора. Лучше всего это сделать щеткой, пока припой еще жидкий. Подготовьте концы труб к пайке, если это еще не сделано. Примите меры, чтобы грязь и металлические стружки не попали в систему при обработке мест соединений.

При необходимости, при очистке труб пропустите через них сухой азот.

Новый фильтр-осушитель устанавливайте на выходе из конденсатора. Не открывайте штуцеры фильтра до начала монтажа. Не нагревайте корпус фильтра.

Перед припаиванием капиллярной трубки к фильтру во избежание блокирования входного отверстия сделайте на трубке небольшой ограничитель, как уже было указано ранее, чтобы конец трубки оказался в фильтре на нужном месте.

При пайке капиллярной трубки избегайте ее перегрева.

Установите компрессор на резиновые прокладки.

Установите электрооборудование и соедините провода. Проведите вакуумирование и заправку системы, как указано в разделах 2.7 и 3.1.

Выполните необходимые проверки, как указано в разделах 3.3 и 3.4.

После обжатия и пайки труб сервисный вентиль необходимо снять.

5.0 Замена хладагента R12 другими хладагентами

Если новая или уже действующая установка заправлена хладагентом R12, не производите никаких замен. Поскольку достать хладагент R12 в настоящее время невозможно или незаконно, подумайте, стоит ли производить ремонт холодильной установки, заправленной хладагентом R12.

Вряд ли стоит ремонтировать старую холодильную установку, если это подразумевает замену компрессора.

Другой альтернативный вариант связан с заменой хладагента R12 другим хладагентом.

5.1 Замена хладагента R12 альтернативным хладагентом

Для замены хладагента R12 в установках с низкими и средними температурами кипения используется хладагент R401A, а в установках с низкой температурой кипения — хладагент R401B, однако применение этих так называемых смесей не рекомендовано.

Если хладагента R12 нет в наличии или он не разрешен для применения, рекомендуется заменять его хладагентом R134a (см. также раздел 1.5).

Если хладагента R12 нет в наличии или он не разрешен для применения, рекомендуется заменять его хладагентом R134a (см. также раздел 1.5).

5.2 Замена хладагента R12 хладагентом R134a

При замене хладагента R12 хладагентом R134a имеется опасность, что в системе останутся продукты разложения старого хладагента, особенно ионы хлорида, или остатки хладагента, а также минерального или алкилбензолового масла. Поэтому следует принять меры, чтобы снизить концентрацию этих нежелательных веществ до допустимого уровня.

Перед заменой хладагента следует убедиться, что электродвигатель компрессора не сгорел. Если это случилось, компрессор необходимо заменить во избежание загрязнения системы.

При замене хладагента следует заменить и старый компрессор, даже если он не поврежден.

Порядок замены хладагента и компрессора приведен ниже. Если возник перерыв в работе, закройте все трубы и патрубки компрессора. При этом предполагается, что система чистая, а холодильный контур неразветвленный.

- Если в системе были утечки, найдите места течи.
- Установите сервисный вентиль на технологический отвод компрессора.
- Слейте хладагент, который остался в системе.
- Продуйте систему сухим азотом при атмосферном давлении.
- Снимите компрессор и фильтр-осушитель.
- Снова продуйте все компоненты системы сухим азотом.
- Проведите ремонт.

■ Установите новый компрессор соответствующей холодопроизводительности с хладагентом R134a.

■ Установите новый фильтр с осушителем 4AXH7 или 4AXH9 или эквивалентным им.

■ Отвакуумируйте систему и заправьте ее хладагентом R134a.

В системах с низкой температурой кипения (LBP) объем заправки хладагента R134a будет меньше объема старой заправки. Рекомендуется сначала заправить систему хладагентом R134a в количестве, составляющем 75% от старой заправки, и затем постепенно добавлять хладагент R134a, пока система не придет в равновесие.

- Закройте технологический отвод.
- Проверьте систему на отсутствие течи.
- Включите систему.
- После окончания ремонта укажите на этикетке, каким хладагентом и маслом заправлена система.
- После ремонта система начнет работать, но в ее контуре будет циркулировать небольшое количество оставшегося масла, которое может периодически нарушать подачу хладагента в испаритель, особенно в системах с капиллярной трубкой. Как это отразится на практической работе системы охлаждения, зависит от количества старого масла, оставшегося в системе.

5.3 Замена хладагента R134a хладагентом R12

В этом случае может быть использован порядок замены, приведенный в разделе 5.2. При замене используйте компрессор, предназначенный для работы с хладагентом R12, хладагент R12 и фильтр-осушитель типа 4A-XH6, 4A-XH7 или 4A-XH9.

Обратите внимание, что объем заправки хладагента R12 должен быть больше, чем хладагента R134a. Во многих странах использование хладагента R12 запрещено, но в некоторых случаях без него нельзя обойтись.

5.4 Замена хладагента R502 хладагентом R404A

Предполагается, что компрессор в системе, заправленной хладагентом R502, необходимо заменить компрессором, работающим с хладагентом R404A. Новый компрессор должен быть заправлен сертифицированным полиэфирным маслом.

В этом случае фильтр-осушитель следует заменить новым фильтром с осушителем типа 4A-XH9.

Остатки масла, минерального или алкилбензолового, должны быть удалены из системы.

Если система сильно загрязнена, продуйте ее сухим азотом. В крайнем случае замените масло в компрессоре.

Порядок замены масла описан в разделе 5.2.

6.0 Системы, содержащие влагу

Степень загрязнения системы влагой может сильно различаться, от чего зависит способ осушения системы.

Системы, содержащие влагу, можно разбить на две категории: системы с низким содержанием влаги и системы с высоким содержанием влаги. Системы с низким содержанием влаги —

это неповрежденные системы, способные обеспечить избыточное давление хладагента. Системы с высоким содержанием влаги — это системы, которые находились в контакте с атмосферой и получили дополнительное количество влаги. Эти две категории следует рассматривать независимо.

6.1 Системы с низким содержанием влаги

Эти системы характеризуются закупориванием капиллярной трубки или терморегулирующего вентиля ледяной пробкой. При подводе тепла ледяная пробка постепенно исчезает, но если хладагент продолжает циркулировать, пробка появляется снова.

Этот дефект возникает по следующим причинам:

- Система смонтирована недостаточно аккуратно.
- Устанавливаемые компоненты были влажными.
- в систему был заправлен хладагент с высоким содержанием влаги.
- Система часто модернизировалась или ремонтировалась.

Обычно содержание влаги в системе оказывается небольшим и дефект может быть устранен простой заменой хладагента или установкой фильтра-осушителя. Процедура замены хладагента и осушителя заключается в следующем:

- а) Откройте систему через технологический отвод и слейте хладагент. Рекомендуется сначала включить компрессор и дать ему разогреться. В этом случае влага и хладагент, оставшиеся в электродвигателе и масле, выйдут в систему. Если лед заблокирует капиллярную трубку или терморегулирующий вентиль, компрессор будет работать, но испаритель не будет охлаждаться. Если капиллярная трубка или терморегу-

лирующий вентиль расположены в доступном месте, их можно разогреть лампой или тканью, смоченной в горячей воде, и восстановить циркуляцию хладагента. Можно также увеличить температуру кипения в системе, нагревая испаритель. Не используйте для этого открытое пламя.

- б) После слива хладагента продуйте систему сухим азотом. Подачу азота производите через технологический отвод компрессора. Сначала продуйте сторону всасывания системы, затем сторону нагнетания. В первом случае направляйте поток газа от компрессора к испарителю с выходом через капиллярную трубку, во втором — через компрессор и конденсатор с выходом через фильтр-осушитель, установленный после конденсатора. Продувку рекомендуется делать при высоком давлении газа, чтобы удалить все масло из компонентов системы.
- в) Замените фильтр-осушитель и удалите технологический отвод, как описано выше. Не забудьте, что фильтр-осушитель должен быть слегка переразмерен.
- г) После сборки системы проведите тщательное вакуумирование. Заправьте систему хладагентом и проведите необходимые испытания в соответствии с действующими инструкциями.

6.2 Системы с высоким содержанием влаги

Если в система разгерметизирована и давление в системе упало, в систему проникнет влага. Чем больше времени будет открыта система, тем более высокое содержание влаги окажется в системе. Если в это время будет работать компрессор, положение усугубится. Влага проникнет в компрессор, фильтр-осушитель и другие компоненты системы в зависимости от их способности поглощать воду.

В компрессоре воду поглощает, в основном, масло, находящееся в кожухе компрессора. В испарителе, конденсаторе и трубопроводах воду поглощает масло, распространившееся по системе.

Естественно, большая часть влаги остается в компрессоре и фильтре-осушителе, поэтому возникает опасность, что в клапанной доске компрессора начнется коксование, которое может привести к выходу компрессора из строя. Отсюда следует, что компрессор и фильтр-осушитель необходимо заменить:

- а) Удалите компрессор из системы, используя резчик труб.

- б) Разрежьте капиллярную трубку на выходе из конденсатора и продуйте через конденсатор сухой азот. Снимите фильтр-осушитель. Снова продуйте систему сухим азотом под давлением, чтобы удалить масло из конденсатора. Закройте вход и выход конденсатора.

- в) Продуйте линию всасывания и испаритель. Эффективность продувки увеличится, если разрезать капиллярную трубку на входе в испаритель. Продувку системы сухим азотом проводите в двух местах: сначала через трубопровод линии всасывания и испаритель, затем через капиллярную трубку. Если причиной ремонта является поврежденная капиллярная трубка, замените также весь теплообменник.

- г) Установите в систему новый компрессор и новый фильтр-осушитель заданной производительности.

6.2 Системы с высоким содержанием влаги (продолжение)

Вакуумирование, заправку и проверку системы проводите с особой тщательностью в соответствии с действующими правилами. Для простых систем охлаждения используйте обычную процедуру вакуумирования и заправки. Для труднодоступных систем сложной конструкции лучше использовать следующий порядок вакуумирования и заправки:

- д) Удалите компрессор из системы, используя резчик труб.
- е) Разрежьте капиллярную трубку на выходе из конденсатора. Продуйте трубопроводы линии всасывания и нагнетания сухим азотом.
- ж) Установите на выходе из конденсатора новый слегка переразмеренный фильтр-

осушитель. Соедините капиллярную трубку с фильтром-осушителем.

- з) Если система, за исключением компрессора, не повреждена, снова проведите ее осушение. Осушение проводите одновременно во всей системе: соедините трубопроводы всасывания и нагнетания с вакуумным насосом и откачивайте воздух до давления не более 10 мбар. Выверните давление в системе с помощью сухого азота. Повторите цикл вакуумирования и выравнивания давления.
- и) Установите новый компрессор. Отвакуумируйте, заправьте и испытайте систему охлаждения.

6.3 Осушение компрессора

В некоторых случаях возникает необходимость ремонта влажного компрессора в цеху и выбора способа ремонта.

Желаемый результат может дать способ, описанный ниже, при условии его строгого соблюдения:

- Удалите из компрессора масло.
- Залейте внутрь компрессора негорючий хладагент под низким давлением (0,5—1 л) или растворитель.
- Закройте компрессор с хладагентом (растворителем) и потрясите его во всех плоскостях, чтобы хладагент вошел в контакт со всеми внутренними поверхностями.
- Слейте хладагент, как положено.
- Повторите операцию еще раз или два раза и убедитесь, что в компрессоре не осталась масла.
- Продуйте компрессор сухим азотом.
- Соедините компрессор с вакуумным насосом и газовым баллоном, как показано на рисунке 20.
- Закройте нагнетательный патрубок.

Соединения трубопроводов с всасывающим патрубком компрессора должны быть герметичными. Герметизация достигается пайкой мест соединений или использованием подхо-

дящих вакуумных шлангов.

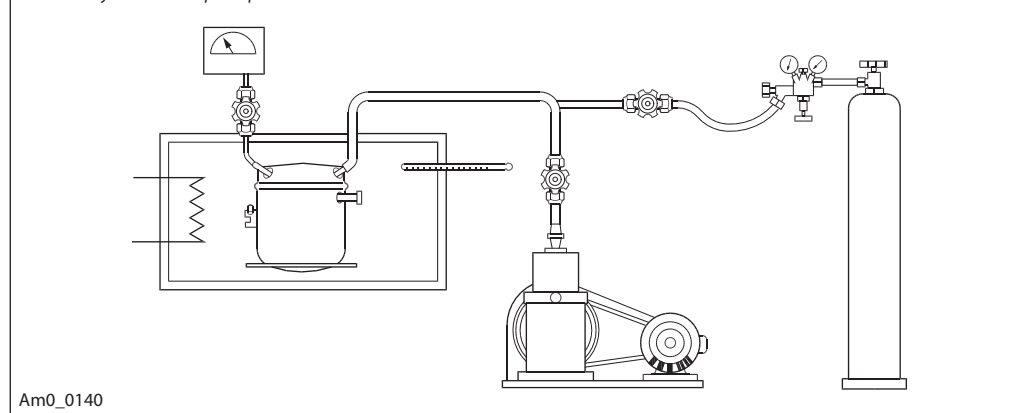
Перед вакуумированием доведите температуру компрессора до 115—130 °С. Начните вакуумирование и доведите давление в компрессоре до 0,2 мбар или ниже.

Требуемое разрежение достигается только при герметичных соединениях.

Содержание влаги в компрессоре зависит от времени вакуумирования. Если компрессор сильно загрязнен, заполнение системы сухим азотом при атмосферном давлении с последующей его откачкой, сделанное несколько раз, резко повысит эффективность осушения.

- Закройте патрубок, соединенный с вакуумным насосом, и выровняйте давление в системе.
- Поддерживайте вакуум при данной температуре приблизительно 4 часа.
- По окончании процесса осушения заполните компрессор сухим азотом под атмосферным давлением и загерметизируйте патрубки компрессора.
- Заправьте компрессор маслом заданного типа в заданном количестве и установите его в систему охлаждения.

Рис. 20. Осушение компрессора



6.4 Заправка компрессора маслом

Если уровень масла в компрессоре уменьшился, его необходимо дозаправить.

На некоторых компрессорах количество заправленного масла указывается на заводской табличке, однако далеко не на всех, поэтому тип и количество заправляемого масла необходимо

определять по технической документации.

Заправляйте компрессор только маслом разрешенного типа. При заправке компрессора маслом учитывайте, что при сливе через патрубок приблизительно 50 см³ масла остается в компрессоре.

7.0 Потеря хладагента

Термин «потеря хладагента» употребляется в случаях, когда холодильная установка не достигает номинальной производительности вследствие недостаточного количества хладагента в системе.

В результате ремонта системы давление в ней поддерживается на уровне, при котором проблемы, связанные с попаданием влаги в систему, не оказывают существенного влияния на работу установки.

Потеря заправки приводит к тому, что установка работает малоэффективно. Время работы установки увеличивается, и компрессор практически не отключается. Испаритель покрывается инеем лишь частично и, в основном, вблизи места впрыска хладагента. Компрессор работает при низком давлении кипения, в результате чего потребляемая мощность и потребляемый ток компрессора снижаются. Из-за пониженного расхода хладагента температура компрессора повышается.

Отличие между «потерей заправки» и «закупориванием капиллярной трубки» заключается в том, что в первом случае давление в конденсаторе выше, чем во втором, однако через некоторое время эти давления становятся одинаковыми. В результате закупоривания капиллярной трубки весь хладагент перекачивается в конденсатор, и давление в нем повышается. Как только испаритель становится пустым, конденсатор остывает.

Когда капиллярная трубка блокируется полностью, выравнивания давлений в отключенной системе не происходит.

При потере заправки давление в конденсаторе становится ниже, чем при нормальной заправке.

Значительная часть времени при ремонте установки затрачивается на поиск причины неисправности. Если причина не будет найдена, повторение дефекта будет только вопросом времени.

При закупоривании капиллярных трубок в небольших системах охлаждения их обычно выбрасывают за негодностью. В больших системах практикуют замену теплообменника на линии всасывания.

Ремонт систем при потере заправки заключается в следующем (для негорючих хладагентов):

- а) Установите сервисный вентиль на технологическом отводе компрессора. Установите манометр, который будет использоваться для поиска неисправности.
 - б) Поднимите давление в системе до 5 бар.
 - в) Проверьте все стыки и выявите места выделения масла. При поиске течи используйте течеискатель.
 - г) Сравните давление. Разрежьте капиллярную трубку у выхода из конденсатора. Продуйте систему сухим азотом.
 - д) Замените фильтр-осушитель, как было описано ранее.
- Закройте технологический отвод и устраните течь.
- е) Отвакуумируйте систему и заправьте ее хладагентом. Снова проверьте систему на отсутствие течи. После испытаний системы под давлением отвакуумируйте ее мощным вакуумным насосом.

8.0 Пережог электродвигателя

Пережог электродвигателя связан с разрушением электрической изоляции. Сгоревший электродвигатель — это двигатель с поврежденной изоляцией.

Пережог электродвигателя происходит из-за того, что электроизоляция обмоток длительное время находится под воздействием высокой температуры. Температура обмоток достигает критического значения при неблагоприятных условиях эксплуатации компрессора.

Такие условия могут возникнуть при снижении эффективности охлаждения компрессора (например, при выходе из строя вентилятора), при грязном конденсаторе или при высоком напряжении электропитания.

Такой же эффект может оказать потеря хладагента. Охлаждение электродвигателя осуществляется циркулирующим хладагентом. При потере хладагента давление кипения резко понижается, так же понижается расход хладагента и эффективность охлаждения падает.

Во многих случаях устройство защиты электродвигателя, установленное в клеммной коробке на корпусе компрессора, в таких условиях не действует. Устройство защиты срабатывает при превышении допустимого тока и температуры. При низком значении потребляемого тока для срабатывания устройства защиты необходимо, чтобы температура вокруг него была высокой.

При низкой температуре кипения с уменьшением эффективности теплопередачи разность температур между электродвигателем и корпусом компрессора увеличивается и внешнее устройство защиты не имеет возможности контролировать температуру электродвигателя.

Устройство защиты обмоток, установленное внутри электродвигателя, способно более эффективно защитить компрессор от перегрева, так как оно непосредственно контролирует температуру обмоток электродвигателя.

При нарушении электроизоляции и замыкании электрической цепи образуется электрический разряд с высокой температурой. При этой температуре происходит разложение хладагента и масла. По мере работы компрессора продукты разложения начинают циркулировать внутри контура и загрязняют систему.

При разрушении некоторых хладагентов образуется кислота. Если при замене компрессора не проведена очистка системы, следующая поломка остается делом времени.

В домашних холодильниках выход из строя электродвигателей герметичных компрессоров происходит довольно редко. Обычные неисправности в пусковых обмотках не приводят к загрязнению системы охлаждения, но короткие замыкания в основных обмотках загрязняют ее очень сильно.

8.1 Кислотность масла

Поскольку пережог электродвигателя приводит к загрязнению системы кислотными продуктами, в качестве критерия необходимости чистки системы принимают кислотность масла.

Наиболее сильно подвержены загрязнению компрессор и сторона нагнетания системы до фильтра-осушителя. При сливе масла из системы масло, взятое из компрессора, покажет степень загрязнения или кислотность системы.

Анализ состояния масла, помещенного в прозрачную испытательную колбу, делается очень просто. Если масло темного цвета, грязное, содержащее продукты разрушения изоляции электродвигателя, и имеет запах кислоты, значит, произошел пережог электродвигателя.

8.2 Система со сгоревшим компрессором

Ремонт системы, содержащей продукты разложения хладагента и масла, проводить не рекомендуется. Если же ремонт необходим, нужно обязательно удалить из системы продукты разложения, чтобы исключить загрязнение системы и выход из строя нового компрессора.

Порядок ремонта системы должен быть следующим:

- а) Снимите поврежденный компрессор. Продуйте систему сухим азотом и удалите из нее старое масло.
- б) Установите новый компрессор. В линии всасывания перед компрессором установите антикислотный фильтр типа DAS компании Данфосс, который будет защищать компрессор от продуктов разложения.
- в) Отвакуумируйте систему и заправьте ее хладагентом. Включите компрессор и дайте ему проработать не менее 6 часов.

- г) Проверьте масло на кислотность. Если качество масла хорошее, дальнейшую очистку системы можно не проводить. Снимите фильтр в линии всасывания. Продуйте капиллярную трубку. Установите на выходе из конденсатора новый фильтр-осушитель, например, фильтр типа DML компании Данфосс. Отвакуумируйте систему и заправьте ее хладагентом.
- д) Если при проверке кислотность масла окажется высокой, замените фильтр на линии всасывания, дайте возможность установке проработать еще 48 часов и снова проверьте качество масла. Если качество масла окажется удовлетворительным, продолжайте работы по пункту г).

Содержание

	Стр.
1.0 Пропан как холодильный агент	119
1.1 Давление	119
1.2 Производительность	120
1.3 Заправка хладагента в систему	120
1.4 Чистота	120
2.0 Материалы	121
2.1 Осушители	121
3.0 Воспламеняемость и безопасность	121
3.1 Примеры применения	122
3.2 Производство	123
4.0 Проектирование системы охлаждения	123
4.1 Теплообменники	124
4.2 Капиллярная трубка	124
4.3 Вакуумирование	124
4.4 Чистка узлов холодильной установки	125
5.0 Техническое обслуживание	125
Справочная литература	125

В небольших герметичных системах, коммерческих холодильных установках или морозильниках хладагент R290, или пропан, может заменять другие хладагенты, опасные для окружающей среды. Он имеет нулевой озоноразрушающий потенциал (ODP) и незначительный потенциал глобального потепления (GWP). Более того, он является частью попутного газа нефтяных скважин.

В прошлом хладагент R290 широко использовался в холодильных установках и сейчас еще используется на некоторых промышленных предприятиях. В бытовых тепловых насосах

и кондиционерах хладагент R290 с различным успехом применялся в Германии. Благодаря широкому распространению пропана во всем мире его считают хорошим заменителем ХФУ-хладагентов.

Пропан R290 имеет хорошую энергетическую эффективность, но как горючий материал требует осторожного обращения.

1.0 Пропан как холодильный агент

Как показано в таблице 1, свойства пропана R290 отличаются от свойств других хладагентов, широко используемых в небольших герметичных системах. Это во многих случаях

ведет к различию в конструкции различных компонентов системы.

Table 1: Refrigerant data comparison

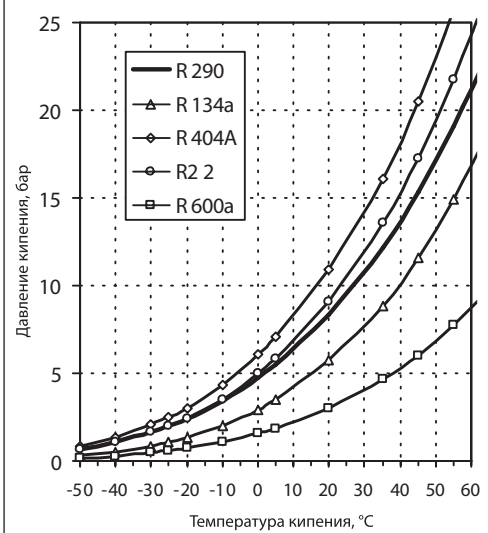
Хладагент	R290	R134a	R404A	R22	R600a
Наименование	Пропан	1,1,1,2-тетрафторэтан	Смесь R125 R143a R134a	Хлордифторметан	Изобутан
Формула	C ₃ H ₈	CF ₃ -CH ₂ F	44/ 52/4	CHF ₂ Cl	(CH ₃) ₃ C H
Критическая температура, °C	96.7	101	72.5	96.1	135
Молекулярная масса, кг/моль	44.1	102	97.6	86.5	58.1
Темп. кипения при нормальных условиях, °C	-42.1	-26.5	-45.8	-40.8	-11.6
Давление при -25 °C, бар (абс.)	2.03	1.07	2.50	2.01	0.58
Плотность жидкости при -25 °C, кг/л	0.56	1.37	1.24	1.36	0.60
Плотность пара при -25/+32 °C, кг/м ³	3.6	4.4	10.0	7.0	1.3
Объемная производительность при -25/55/32 °C, кДж/м ³	1164	658	1334	1244	373
Теплота парообразования при -25 °C, кДж/кг	406	216	186	223	376
Давление при +20 °C, бар (абс.)	8.4	5.7	11.0	9.1	3.0

1.1 Давление

Разница между R290 и R134a заключается в давлении кипения. Давление пропана R290 ближе к давлению R22 и R404A, например, при -25 °C давление кипения пропана составляет 190% от давления кипения R134a, 81% от давления кипения R404A, 350% от давления кипения R600a и почти равно давлению кипения R22. В связи с этим температура кипения пропана при нормальных условиях почти равна температуре кипения R22. Таким образом, конструкция испарителя, работающего на пропане, должна совпадать с конструкцией испарителя, работающего на R22 или R404A.

Давление кипения и критическая температура пропана почти равны давлению и температуре хладагента R22. Однако температура нагнетания пропана намного ниже. Это дает возможность работать при более высоких коэффициентах давления, т.е. при более низких температурах кипения или более высоких температурах всасываемого газа.

Рис. 1. Зависимость давления кипения от температуры кипения для различных хладагентов



Am0_0141

1.2 Производительность

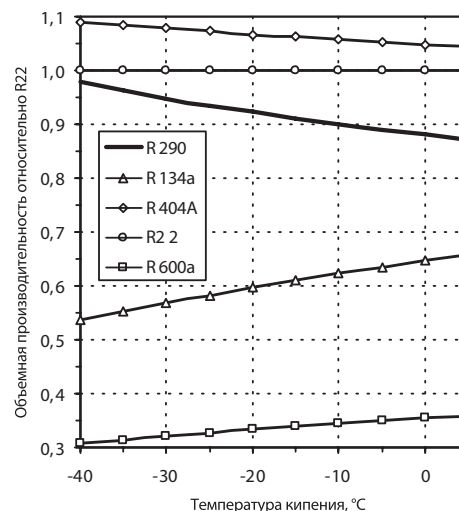
Объемная производительность пропана R290 при температуре конденсации составляет 90% от производительности R22 или 150% от производительности R134a, как показано на рис. 2.

Благодаря этому необходимый рабочий объем цилиндров компрессора с пропаном примерно равен объему цилиндров компрессора с R22 и на 10-20% больше, чем цилиндров компрессора с R404A.

Объемная производительность пропана примерно в 2,5-3 раза выше чем хладагента R600a. Поэтому выбор между R290 и R600a связан с различием в конструкции систем охлаждения, заправленных этими хладагентами, поскольку при той же самой холодопроизводительности необходимый расход хладагентов будет сильно отличаться.

Объемная холодопроизводительность рассчитывается по плотности всасываемого газа и теплоте парообразования (разности энтальпий на линиях насыщения пара и жидкости).

Рис. 2. Объемная производительность хладагентов R290, R134a, R404A и R600a относительно хладагента R22 в зависимости от температуры кипения при температуре конденсации 45 °C и температуре всасываемого газа 32 °C без переохлаждения



Am0_0142

1.3 Заправка хладагента в систему

При заправке пропана R290 в откакумированную систему количество хладагента, рассчитанное в граммах, должно быть довольно низким. Количество хладагента, рассчитанное в см³, должно быть по объему равно объему жидкости в системе. Это приводит к тому, что в соответствии с таблицей 1 заправка R290 составляет примерно 40% от заправки R22

и R404A по массе, что совпадает с экспериментальными данными.

Максимальная заправка системы хладагентом R290 согласно действующим стандартам составляет для бытовых холодильных установок 150 г, что соответствует 360 г заправки R22 или R404A.

1.4 Чистота

Спецификация хладагента R290 в международных стандартах не указана. Некоторые данные приведены в стандарте Германии DIN 8960 от 1998 г., который является расширенной версией стандарта ISO 916. Чистота хладагента определяется химическим путем. Рассматриваются как стабильность характеристик хладагента, что важно для работы компрессора и увеличения срока службы системы, так и термодинамические свойства хладагента, по которым определяются поведение системы и ее управляемость.

В стандарте DIN 8960 приведена спецификация общепринятых гидроводородных хладагентов, составленная по разным источникам, в кото-

рую входят пропан, изобутан, простой бутан и другие хладагенты.

В данное время на рынке отсутствуют хладагенты, качество которых должно соответствовать стандарту. Поставщик продукции должен внимательно проверять качество хладагента, заправляемого в систему. Сжиженный газ, используемый для отопления или технических целей, с классом чистоты 95% не подходит для заправки герметичных систем охлаждения. Содержание воды, серы и реагирующих компонентов в этих хладагентах должно быть меньше, чем указывается в паспорте. Для заправки систем охлаждения, в основном, используется пропан с классом чистоты 99,5%.

Таблица 2. Спецификация хладагента R290 в соответствии со стандартом DIN 8960-1998

	Спецификация	Единицы измерения
Содержание хладагента ¹⁾	≥ 99.5	% по массе
Органические добавки ²⁾	≤ 99.5	% по массе
1. 3-Бутадиен ³⁾	≤ 5	ppm по массе (1 ppm=10 ⁻⁶)
Простой гексан	≤ 50	ppm по массе
Бензол ⁴⁾	≤ 1	ppm по количеству
Сера	≤ 2	ppm по массе
Температурное скольжение	≤ 0.5	К (при 5—97% дистиллята)
Неконденсирующиеся газы	≤ 1.5	% по объему от паровой фазы
Вода ⁵⁾	≤ 25	ppm по массе
Кислота	≤ 0.02	мг KOH / г нейтрализатора
Пар	≤ 50	ppm по массе
Твердые частицы	Отсутствуют	визуальный анализ

- 1) Содержание хладагента в стандарте DIN 8960 указано неточно. Перечислены только загрязнения и ограничения. Содержание основного компонента стремится к 100%.
- 2) Для надежной работы компрессора допустимо содержание бутана около 1%.
- 3) Максимальное значение для каждой компоненты составных ненасыщенных углеводородных соединений.
- 4) Максимальное значение для каждой ароматической компоненты.
- 5) Предварительное значение, которое уточняется с опытом.

2.0 Материалы

Хладагент R290 в компрессорах Данфосс используется вместе с полиэфирным маслом, поэтому совместимость материалов в системах с пропаном сравнима с совместимостью материалов в системах с хладагентами R134a и R404A. Хладагент R290 в холодильных установках химически не активен, поэтому никаких специфических проблем его использование не вызывает. Растворимость в масле хорошая. Совместимость материалов также

хорошая. При взаимодействии с резиной, пластиками и особенно с хлорсодержащими пластиками возникают некоторые проблемы, но эти материалы обычно в небольших холодильных установках не используются. Некоторые материалы, вызывающие проблемы, о которых сообщали различные экспериментаторы, перечислены в таблице 3. Критические материалы, используемые в специфических условиях, должны проходить отдельные испытания.

Таблица 3. Совместимость материалов с пропаном

Материал	Совместимость
Бутиловая резина	Несовместимы
Натуральная резина	Несовместимы
Полиэтилен	В зависимости от условий
PP	Несовместимы
PVC	Несовместимы
PVDF	Несовместимы
EPDM	Несовместимы
CSM	Несовместимы

2.1 Осушители

В бытовых холодильных установках, заправленных пропаном, используются осушители типа «молекулярное сито» и цеолит. Для систем с R290 рекомендуется осушитель с размером ячейки 3 А, как и для хладагента R134a, например, UOP XH 7, XH 9 или XH 11, Grace 594, CECA Siliporite H3R. Стержневые осушители для хладагента R134a можно использовать и для осушения хладагента R290, если они провере-

ны в соответствии с требованиями стандарта IEC/EN 60335.

Информацию о совместимости осушителей с твердым сердечником и пропана можно получить у изготовителей этих осушителей. Для осушения пропана можно использовать осушитель компании Данфосс типа DCL.

3.0 Воспламеняемость и безопасность

Основные проблемы, связанные с использованием хладагента R290, заключаются в его воспламеняемости. Это требует осторожного обращения с хладагентом и соблюдения необходимых мер безопасности.

Таблица 4. Воспламеняемость пропана

Нижний предел воспламеняемости (LEL)	2.1%	Около 39 г/м ³
Верхний предел воспламеняемости (UEL)	9.5%	Около 117 г/м ³
Минимальная температура воспламенения	470 °C	

Из-за воспламеняемости пропана в широком диапазоне концентраций следует принимать необходимые меры безопасности как на самой холодильной установке, так и в цехах предприятия-изготовителя. Степень опасности в этих двух случаях различная. Аварийные ситуации возникают, в основном, при следующих условиях: первое условие заключается в образовании горючей смеси газа и воздуха, а второе — в наличии источника зажигания определенной энергии или температуры.

Для того, чтобы газ воспламенился, должны возникнуть оба этих условия, поэтому основная задача безопасного обращения с горючими газами — исключить сочетание этих условий. Компрессоры Данфосс, работающие на пропане, оснащены внутренним устройством защиты и пусковыми устройствами РТС или пусковыми реле, исключающими возникновение искр вблизи компрессора, поскольку нет гарантии, что при появлении течи концентрация пропана возле компрессора будет ниже предела воспламеняемости. На эти ком-

прессоры нанесены этикетки желтого цвета, предупреждающие о наличии горючего газа, как показано на рисунке 3.

Рис. 3. Предупреждающая этикетка желтого цвета.



Am0_0030

3.1

Область применения

Для проведения безопасных испытаний бытовых холодильных установок в Европе был разработан стандарт IEC Technical Sheet TS 95006. Новая редакция этого стандарта, IEC/EN 60 335-2-24, представляет собой стандарт по электрическим испытаниям.

Сертификация холодильных установок, в которых используются в качестве хладагентов углеводородные соединения, проводилась в соответствии с требованиями стандарта TS с 1994 года.

Ниже приведены выдержки из стандарта TS и его последующей редакции.

При эксплуатации холодильных установок специального назначения необходимо учитывать национальные стандарты и законодательные акты, например, EN 7378, DIN 7003, BS 4344, SN 253 130.

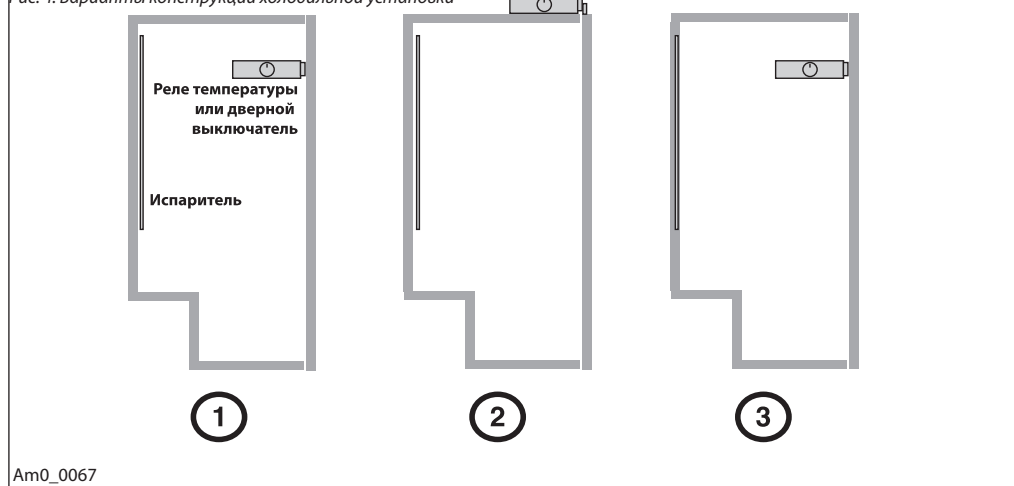
- Все электрические приборы, переключающиеся в процессе эксплуатации, могут быть источником воспламенения. В их число входят реле температуры, дверные выключатели освещения, двухпозиционные (on/off)

или другие переключатели типа реле переохлаждения, реле высокого и низкого давления, кликсоны наружного расположения, таймеры оттаивания и т.д.

- Все агрегаты, содержащие газ, считаются источником горючего хладагента ввиду возможного появления течи. В число таких агрегатов входят испарители, конденсаторы, дверные обогреватели, трубопроводы и компрессор.
- Максимальная заправка хладагента не должна превышать 150 г. При заправке, составляющей 25% от нижнего предела воспламеняемости (LEL), что составляет 8 г/м³, опасность пожара в кухне стандартного размера очень мала, даже если течь не обнаружена.

Основная цель всех мероприятий по обеспечению безопасности работы с пропаном — изолировать помещения с агрегатами, содержащими горючий хладагент, от помещений с переключающимися приборами.

Рис. 4. Варианты конструкции холодильной установки



На рисунке 4 показаны три варианта конструкции холодильной установки с пропаном. В варианте 1 испаритель и реле температуры / дверной выключатель установлены в одном помещении. Такое расположение является критичным для установок с горючими хладагентами и не должно использоваться. В варианте 2 испаритель установлен внутри помещения, а реле температуры / дверной выключатель снаружи, над холодильной камерой. Такое расположение является наиболее безопасным решением. В варианте 3 реле температуры / дверной выключатель установлены внутри помещения, а испаритель встроен в стену за облицовкой. Такое решение используется довольно часто. Выбранный вариант установки разрабатывается и проходит испытания на герметичность в соответствии с требованиями стандартов TS 95006 и IEC / EN 60335.

Многие холодильные и морозильные установки спроектированы с учетом раздельного размещения холодильных агрегатов и электрических приборов.

- Электрические переключающие устройства

больших автономных охладителей напитков и морозильников устанавливаются на их верхних панелях.

- Испарители некоторых холодильных установок могут быть спрятаны за облицовкой помещения вдали от реле температуры и других электрических приборов.

Критическая ситуация возникает, когда невозможно установить испаритель и реле температуры вне помещения. В этом случае имеется две возможности:

- Реле температуры и переключатели должны быть в герметичном исполнении, исключающем проникновение в них газа. Компания Данфосс в таких случаях предлагает использовать электронные реле температуры.
- Вентиляторы, установленные внутри холодильной камеры, должны быть безопасными и не производить искр.
- Электрические разъемы и патроны для ламп должны удовлетворять техническим условиям.

3.1 Область применения (продолжение)

Каждая серия холодильных установок данного типа с хладагентом R290 должна быть проверена и допущена к эксплуатации независимым институтом в соответствии с требованиями стандартов TS/IEC/EN, даже если соблюдены все перечисленные выше условия. Более подробная информация приведена в стандартах TS/IEC/EN.

В руководстве по эксплуатации холодильной установки должна содержаться необходимая информация и инструкции по обращению с установками, заправленными горючими хладагентами, например, запрет на очистку поверхностей морозильных камер с помощью ножа или указания о необходимости соблюдать нормы, предписывающие обеспечить объем помещения в размере 1 м³ на 8 г заправки хладагента.

Системы, использующие реле или другие электрические приборы вблизи компрессора, должны удовлетворять требованиям, изложенным в технических условиях. Эти требования включают в себя:

- Вентиляторы, установленные рядом с конденсатором или компрессором, не должны производить искр даже при блокировании и перегрузке. Они не должны оснащаться

тепловыми переключателями или эти переключатели должны соответствовать требованиям стандарта IEC 60079-15.

- Реле должны соответствовать требованиям стандарта IEC 60079-15 или должны устанавливаться в местах, где утечки хладагента не способны образовать горючую смесь с воздухом, например, в герметичных коробках или в отсеках с низким давлением. Так, например, компрессоры компании Данфосс оснащаются пусковым устройством с длинным кабелем, которые можно разместить в отдельно стоящих распределительных коробках.

Системы с горючими хладагентами и системы защиты сертифицируются и регулярно контролируются местными административными органами. Ниже приведены некоторые положения по обеспечению безопасности систем с горючими хладагентами, разработанные в Германии. Во многом они вытекают из правил эксплуатации установок со сжиженным газом. Некоторые положения основаны на инструкциях, применяемых на заправочных станциях, где часто используются заправочные шланги.

3.2 Производство

Основные принципы безопасной работы:

- Принудительная вентиляция помещения во избежание скопления газа.
- Стандартное электрооборудование, за исключением вентиляторов и систем безопасности.
- Непрерывно работающие датчики обнаружения газа, размещенные в местах возможной утечки хладагента, например, вокруг заправочных станций, с аварийной сигнализацией и дублированием вентиляции при концентрации газа 15-20% от минимального уровня воспламеняемости (LEL) и отключением всех электрических приборов, не имеющих взрывозащищенного корпуса, при концентрации газа 30-35% от LEL.
- Проверка систем охлаждения на отсутствие течи.

- Использование заправочных станций, специально предназначенных для заправки горючих хладагентов, оснащенных системой безопасности.

Системы безопасности и оборудование для обнаружения горючих газов чаще всего заказывается у поставщика заправочных станций.

4.0 Проектирование систем охлаждения

При переходе от установок с негорючими хладагентами к установкам с R290 необходимо подготовить необходимыми средствами обеспечения безопасности, как указано в разделе 3.1. Но для модернизации помещений есть и другие причины.

Системы, заправленные хладагентом R290, в соответствии со стандартами IEC / EN60335 должны выдерживать рабочие давления без утечек. Линии высокого давления должны выдерживать давление, в 3,5 раза превышающее давление насыщения при температуре 70 °C. Линии низкого давления должны выдерживать давление, в 5 раз превышающее давление насыщения при температуре 20 °C. Для хладагента R290 это составляет:

- 87 бар на стороне высокого давления
- 36,8 бар на стороне низкого давления.

В национальных стандартах могут быть указаны другие давления в зависимости от назначения установки.

4.1 Теплообменники

Номинальная производительность систем охлаждения, заправленных хладагентом R290, обеспечивается при тех же размерах испарителя и конденсатора, что и систем охлаждения, заправленных хладагентами R22 или R404A.

Внутренняя конструкция испарителя должна быть несколько модифицирована в соответствии с различием в расходах хладагента, связанным с рабочим объемом цилиндров компрессора. Для того, чтобы удержать скорость хладагента в рекомендуемом диапазоне от 3 до 5 м/с, может оказаться необходимым выбрать секции с другой площадью поперечного сечения.

В связи с высокими требованиями по давлению разрыва не рекомендуется использовать испарители Rollbond. При разработке аккумулятора масла для системы охлаждения необходимо учитывать, что хладагенты R22 и R134a тяжелее масла, а хладагент R290 легче, что видно из таблицы 1.

Это приводит к тому, что если аккумулятор масла слишком большой или слишком высокий, при пуске системы подача масла может быть не обеспечена.

4.2 Капиллярная трубка

Опыт работы с хладагентом R290 показывает, что расход пропана через капиллярную трубку должен быть почти равен расходу хладагента R404A. Это обстоятельство является отправной точкой для оптимизации системы.

Как и в системах с хладагентами R134a, R404A и R600a, теплообменник, установленный на линии всасывания, играет важную роль в обеспечении эффективности работы системы с хладагентом R290, чего нельзя сказать о системах, заправленных хладагентом R22. На рисунке показано, что холодильный коэффициент, или коэффициент полезного действия (COP), увеличивается при увеличении температуры возвратного газа от нескольких градусов К до +32 °С, причем необходимо отметить, что небольшие герметичные системы работают в диапазоне температур от +20 до +32 °С.

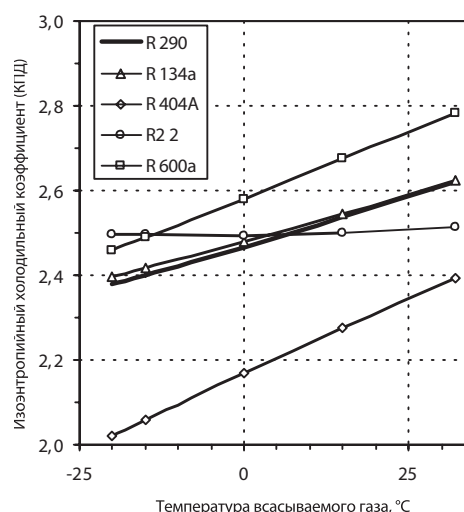
Большое увеличение холодильного коэффициента в системах с хладагентом R290 связано с высокой теплоемкостью паров пропана. В сочетании с необходимостью заправлять максимально возможное количество хладагента, уменьшающее перегрев газа на выходе из испарителя, установка теплообменника на линии всасывания является эффективным решением, снижающим возможность конденсации паров воды на трубопроводе линии всасывания. Во многих случаях этому способствует удлинение трубопровода линии всасывания и капиллярной трубки.

Капиллярная трубка должна иметь хороший контакт с трубопроводом линии всасывания на всем своем протяжении.

При высоких тепловых нагрузках и большом перегреве газа на выходе из испарителя теоретические значения холодильного коэффици-

циента в системах с хладагентами R290, R600a и R134a будут выше, чем в системе с хладагентом R22. При малом перегреве холодильный коэффициент в системах с хладагентами R290, R600a и R134a будет ниже, чем в системе с хладагентом R22. Ход кривой изменения холодильного коэффициента с хладагентом R290 аналогичен ходу кривой с хладагентом R134a.

Рис. 5. Зависимость холодильного коэффициента (КПД) систем с различными хладагентами от температуры всасываемого газа при адиабатическом сжатии, с внутренним теплообменником, при температуре кипения -25 °С, температуре конденсации 45 °С и отсутствии переохлаждения перед внутренним теплообменником.



Am0_0143

4.3 Вакуумирование

При вакуумировании систем, заправленных пропаном R290, действуют те же правила и ограничения, что и при вакуумировании систем с хладагентами R22, R134a или R404A. Максимально допустимое содержание неконденсирующихся газов в системе должно быть не более 1%.

Высокая концентрация НКГ способствует увеличению потребляемой энергии из-за высокой температуры конденсации и из-за того, что

часть переносимого газа является нерабочей. Высокая концентрация НКГ способствует увеличению уровня шума.

4.4
Чистка агрегатов
холодильной установки

Технические требования, предъявляемые чистке агрегатов и систем, заправленных хладагентом R290, в основном, сравнимы с требованиями, предъявляемыми к системам с хладагентами R22 и R134a. Единственный стандарт по чистке агрегатов системы охлаждения — это DIN 8964, который используется также, помимо Германии, в некоторых других странах.

Стандарт определяет максимальное содержание в хладагенте растворимых, нерастворимых и других остатков. Способы определения растворимых и нерастворимых составляющих хладагента R290 должны быть скорректированы, но, в принципе, можно использовать предельные значения, указанные в данном стандарте.

5.0
Обслуживание

Обслуживание и ремонт холодильных установок с хладагентом R290 должны проводить квалифицированные специалисты. Более подробная информация по этому вопросу приведена в документе CN.73.C.

При обслуживании руководствуйтесь местными законодательными актами и правилами. Они требуют аккуратного обращения с установкой, заправленной горючим газом, который является потенциальной опасностью при проведении работ.

При обслуживании установки необходима хорошая вентиляция, а выхлопной патрубок вакуумного насоса должен быть направлен в атмосферу.

Оборудование, используемое техником по обслуживанию холодильных установок, должно отвечать требованиям, предъявляемым к установкам с хладагентом R290, в части качества вакуумирования и точности заправки. Для обеспечения точности заправки рекомендуется использовать электронные весы.

Компания Данфосс не рекомендует заменять хладагенты R22, R502 или R134a хладагентом R290, поскольку системы с этими хладагентами не сертифицированы для работы с горючим хладагентом и их электрооборудование не соответствует требованиям действующих стандартов.

Справочная литература

TS 95006	Refrigerators, food-freezers and ice-makers using fl ammable refrigerants, Safety Requirements (Холодильники, морозильники и машины для производства мороженого. Требования по технике безопасности), Ammendment to IEC 60 335-2-24, CENELEC, July 1995
CN.86.A	Driers and Molecular Sieves Desiccants (Фильтры-осушители и осушители типа молекулярное сито)
CN.82.A	Evaporators for Refrigerators (Испарители холодильных установок)
CN.73.C	Service on Household Refrigerators and Freezers with New Refrigerants (Обслуживание бытовых холодильных установок и морозильников с новыми хладагентами)
CN.60.E	Practical Application of Refrigerant R600a Isobutane in Domestic Refrigerator Systems (Практическое применение хладагента R600a изобутана в бытовых холодильных установках)
EN 60335-2-24	Safety of household and similar appliances, Part 2: Particular requirements for refrigerators, food freezers and ice-makers (Безопасность бытовых холодильных установок, часть 2. Особые требования к холодильникам, морозильникам и машинам для производства мороженого)

