

Рекомендации по проектированию трубопроводов системы охлаждения

Масло, которое используется в холодильной установке, предназначено для смазывания движущихся частей компрессора. При нормальной работе установки небольшое количество масла будет постоянно уходить из компрессора с нагнетаемым газом. В системах охлаждения с правильно разработанной конструкцией трубопроводов это масло всегда будет возвращаться в компрессор. Если количество масла, циркулирующего в системе, незначительно, это увеличивает эффективность теплопередачи в теплообменных агрегатах и производительность всей установки. Напротив, слишком большое количество масла в системе будет оказывать отрицательное влияние

на работу конденсатора и испарителя. Если в плохо спроектированной системе количество масла, возвращающегося в компрессор, меньше количества масла, покидающего его, последний будет испытывать "масляной голод", а конденсатор, испаритель и трубопроводы будут забиты маслом. В этой ситуации дозаправка компрессора масла лишь подкорректирует уровень масла в компрессоре на небольшой период времени и увеличит избыток масла в остальной части системы.

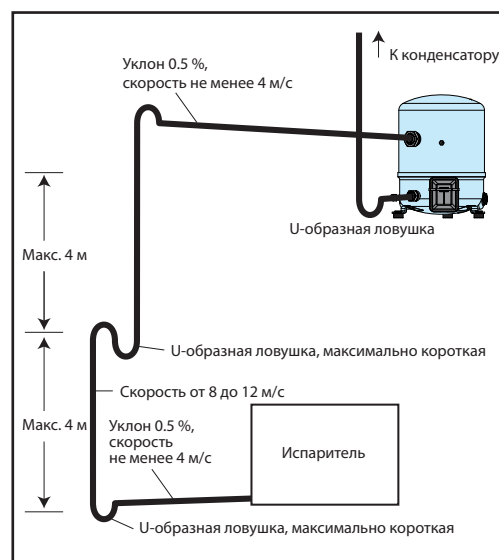
Только правильная конструкция системы трубопроводов обеспечивает нужный баланс масла в холодильной установке.

Линия всасывания

Горизонтальные участки трубопроводов на линии всасывания должны иметь уклон порядка 0.5% (5 мм на метр длины) в сторону направления течения хладагента. Поперечное сечение трубопроводов на горизонтальных участках должно быть таким, чтобы скорость газа в них была не менее 4 м/с. Для обеспечения гарантированного возврата масла в компрессор скорость газа на вертикальных участках должна составлять от 8 до 12 м/с. В основании каждого вертикального подъемного участка необходимо устанавливать U-образную масляную ловушку. Если подъемный участок больше 4-х метров, на каждые 4 метра необходимо устанавливать дополнительную U-образную ловушку. Высота каждой ловушки должна быть как можно короче, чтобы исключить аккумуляцию лишнего количества масла. Соответствующая схема конструкции подъемных участков приведена ниже.

Для компрессоров, установленных параллельно, общий подъемный участок должен выполняться как двойной подъемный участок. См. также Руководство по параллельному соединению поршневых компрессоров Maneurop®.

Скорость газа, превышающая 12 м/с, лишь немного увеличит возврат масла в компрессор. Но при этом увеличится уровень шума и перепад давления на линии всасывания, который оказывает негативное влияние на производительность установки.



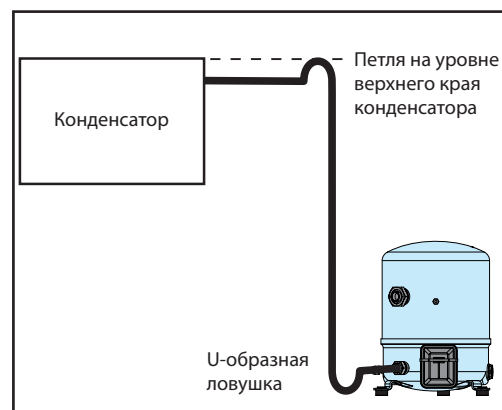
Обратите внимание, что клапаны с накидной гайкой (типа «ротолок»), которые можно заказать в компании Данфосс в качестве дополнительных принадлежностей, рассчитаны на средний размер трубопроводов, выбранный для системы, работающей в обычных услови-

ях. Размер трубопроводов, рассчитанный для системы, работающей в особых условиях, может отличаться от этих размеров.

Рекомендуется теплоизолировать трубопроводы на линии всасывания, чтобы ограничить перегрев газа.

Линия нагнетания

Если конденсатор находится выше компрессора, на уровне верхнего края конденсатора следует сделать петлю и, как можно ближе к компрессору, установить U-образную ловушку, чтобы предотвратить возврат хладагента в компрессор со стороны линии нагнетания при его останове.



Заправка масла и маслоотделитель

Для многих установок достаточно масла, заправленного в компрессор в заводских условиях. В установки, в которых длина трубопроводов превышает 20 м, много масляных ловушек или есть маслоотделитель, необходимо добавлять дополнительное количество

масла. В установках с возможным недостаточным возвратом масла в компрессор, например, в установках с многосекционными испарителями или конденсаторами рекомендуется устанавливать маслоотделитель. См. стр. 26.

Фильтры-осушители

Для новых установок с компрессорами серии MTZ компания Данфосс рекомендует устанавливать фильтр DML, твердый сердечник которого полностью состоит из поглотителя типа «молекулярное сито». Следует избегать заказов фильтров-осушителей от сторонних поставщиков.

рекомендуется устанавливать противокислотные фильтры DCL с твердым сердечником, состоящим из активированного алюминия.

Для очистки действующих холодильных установок, где возможно образование кислот,

Фильтр-осушитель скорее должен быть переразмерен, чем недоразмерен. При выборе фильтра-осушителя учитывайте его производительность (по воде), производительность системы охлаждения и объем заправки хладагента.

Рабочие пределы

Защита по высокому давлению

Для того чтобы выключить компрессор, как только давление на линии нагнетания превысит допустимые величины, указанные в нижеприведенной таблице, необходимо установить предохранительное реле высокого давления (НР). Данное реле следует настроить на наименьшее значение, которое зависит от характера работы компрессора и условий окружающей среды. Для предотвращения циклических

включения и выключения компрессора вблизи верхнего предела по давлению, реле высокого давления необходимого устанавливать либо в цепи блокировки, либо использовать реле с ручным возвратом в исходное состояние (сбросом). При наличии сервисного вентиля на стороне нагнетания реле высокого давления нужно подсоединять к всегда открытому штуцеру, предназначенному для манометра.

Защита по низкому давлению

Для исключения возможности работы компрессора при слишком низком давлении на ли-

нии всасывания рекомендуется устанавливать предохранительное реле низкого давления.

		MT R22	MTZ R407C	MTZ R134a	MTZ R404A / R507A
Максимальное давление испытания компрессора на стороне низкого давления	бар (изб.)	25	25	25	25
Диапазон рабочих давлений на стороне высокого давления	бар (изб.)	10.9 - 27.7	12.5 - 29.4	7.9 - 22.6	13.2 - 27.7
Диапазон рабочих давлений на стороне низкого давления	бар (изб.)	1.0 - 7.0	1.4 - 6.6	0.6 - 4.7	1.0 - 7.2
Перепад давления, необходимый для открытия предохранительного клапана	бар (изб.)	30	30	30	30
Перепад давления, необходимый для закрытия предохранительного клапана	бар (изб.)	8	8	8	8

Работа компрессора при низкой температуре окружающей среды

При низкой температуре окружающей среды температура и давление конденсации в охлаждаемых воздухом конденсаторах уменьшаются. Давление конденсации может оказаться недостаточным для снабжения испарителя нужным количеством жидкого хладагента. При этом резко понизится температура кипения в испарителе и возникнет опасность его замораживания. При пуске компрессора на линии всасывания возникнет глубокий вакуум и произойдет отключение компрессора по сигналу реле низкого давления. В зависимости от настройки реле низкого давления и реле задержки времени компрессор может переходить в режим работы короткими циклами. Во избежание этого можно воспользоваться следующими решениями, основанными на уменьшении производительности конденсатора:

- Устанавливать конденсаторы внутри помещения.
- Затоплять конденсаторы жидким хладагентом (это решение потребует дополнительной заправки хладагента. На линии нагнетания не-

обходимо будет установить обратный клапан, что придется учесть при проектировании линии высокого давления).

- Уменьшить поток воздуха, направленный на конденсатор.

При работе компрессора в условиях низкой температуры могут возникнуть и другие проблемы. Например, при отключении установки в холодный компрессор может поступать жидкий хладагент.

Для исключения этой возможности рекомендуется устанавливать на компрессоре подогреватель картера ленточного типа.

Обратите внимание, что компрессоры Maneurop®, охлаждаемые всасываемым газом, можно теплоизолировать с внешней стороны.

Более подробную информацию см. в разделе «Натекание жидкого хладагента и предельная заправка системы».

Диапазон рабочих напряжений и периодичность включений

Диапазон рабочих напряжений

Предельные значения рабочего напряжения приведены в таблице на стр.4. В момент пуска и в течение всего периода работы напряжение, приложенное к клеммам электродвигателя, должно находиться внутри этих пределов. Максимально допустимый перекоп напряжений для трехфазных электродвигателей составляет 2%. Перекоп напряжений при-

водит к появлению больших токов в одной или нескольких фазах, которые, в свою очередь, ведут к перегреву и повреждению обмоток электродвигателя.

Перекоп напряжений рассчитывается по следующей формуле:

$$\text{Перекоп напряжений \%} = \frac{|V_{cp} - V_{1-2}| + |V_{cp} - V_{1-3}| + |V_{cp} - V_{2-3}|}{2 \times V_{avg}} \times 100$$

V_{cp} = средние значения напряжений в фазах 1, 2 и 3
 V_{1-2} = напряжение между фазами 1 и 2

V_{1-3} = напряжение между фазами 1 и 3
 V_{2-3} = напряжение между фазами 2 и 3.

Ограничение по частоте рабочих циклов

В течение часа должно быть не более 12 включений компрессора (6 включений при использовании устройства плавного пуска). Более частые включения уменьшают срок службы компрессора. При необходимости используйте в цепи управления реле задержки времени, исключающее короткие циклы работы. Для правильной эксплуатации компрессора рекомендуются 6-минутные циклы работы. Си-

стема управления работой компрессора должна быть организована таким образом, чтобы обеспечить минимальное рабочее время компрессора, гарантирующее достаточное охлаждение электродвигателя после его включения и надежный возврат масла в компрессор. Помните, что количество возвращаемого масла зависит от конструкции системы.

Натекание жидкого хладагента и предельная заправка системы

Компрессоры холодильных установок предназначены для работы с хладагентом в газообразном состоянии. В зависимости от конструкции и условий эксплуатации в картере компрессоров может содержаться некоторое количество хладагента в жидкой фазе. Компрессоры Maneurop® серии MT и MTZ имеют большой

внутренний объем и поэтому могут аккумулировать достаточно большое количество жидкого хладагента без серьезных последствий. Однако работа с присутствием жидкого хладагента в картере может значительно сократить срок службы компрессора.

Жидкий хладагент разжижает масло и вымывает его из подшипников, приводя к быстрому уносу масла из компрессора и «осушению» картера. Хорошо спроектированная система ограничивает поступление жидкого хладагента в компрессор, что ведет к увеличению срока его службы.

Жидкий хладагент может поступать в компрессор различными путями и оказывать различное влияние на его работу.

Натекание хладагента во время останова компрессора

При отключении компрессора после выравнивания давления хладагент начинает конденсироваться в наиболее холодных частях системы. Компрессор вполне может быть этой самой холодной частью, например, если он установлен вне помещения при низкой температуре наружного воздуха. По истечении некоторого времени весь хладагент, заправленный в систему, может оказаться в картере компрессора. Большая часть хладагента будет растворяться в масле до тех пор, пока не наступит полное насыщение масла жидкостью. Если другие узлы системы расположены выше компрессора, процесс может протекать еще быстрее, поскольку силы гравитации помогают жидкому хладагенту поступать в компрессор. При включении компрессора давление в картере резко падает.

При пониженном давлении масло должно содержать меньшее количество хладагента, в результате чего последний начинает интенсивно испаряться, образуя масляную пену. Этот процесс часто называют «вскипанием» хладагента.

Таким образом, негативные последствия натекания жидкого хладагента в компрессор заключаются в следующем:

- разбавление масла жидким хладагентом,
- образование масляной пены, переносимой хладагентом в линию нагнетания, что приводит к потере масла и, в некоторых случаях, к опасности масляного гидроудара,
- в крайних случаях при большом количестве заправленного хладагента может произойти гидравлический удар (при попадании жидкого хладагента в цилиндры компрессора).

Выброс жидкого хладагента из испарителя во время работы компрессора

При нормальной и устойчивой работе системы хладагент покидает испаритель в газообразном состоянии и входит в компрессор в виде перегретого пара. Обычно величина перегрева пара на линии всасывания составляет от 5 до 30 К. Однако, по разным причинам, пар, уходящий из испарителя, может содержать некоторое количество жидкого хладагента. Эти причины следующие:

- неправильный подбор, неправильная настройка или выход из строя терморегулирующего вентиля,
- выход из строя вентилятора испарителя или засорение воздушных фильтров.

В этих случаях в компрессор будет постоянно поступать жидкий хладагент.

Постоянный выброс жидкого хладагента из испарителя приводит к следующим отрицательным результатам:

- разжижение масла,
- при большом количестве заправленного хладагента и значительных выбросах из испарителя возможен гидравлический удар в цилиндрах компрессора.

Выброс жидкого хладагента из испарителя при смене циклов в реверсивных тепловых насосах

В установках, работающих как тепловые насосы, при переходе от режима охлаждения к режиму обогрева при оттайке и при работе с пониженной нагрузкой может происходить выброс из испарителя жидкого хладагента или насыщенного пара.

Эти явления могут повлечь за собой следующие неблагоприятные последствия:

- разжижение масла,
- гидроудар при большой заправке хладагента и значительное натекание хладагента в компрессор.

Выброс жидкого хладагента из испарителя и зеотропные хладагенты

Выброс жидкого хладагента из испарителя в системах с зеотропными хладагентами, такими как R407C, приводит к дополнительным отрицательным явлениям. Та часть хладагента, которая покидает испаритель в жидком состоянии, имеет другую концентрацию смеси,

нежели пар. Этот хладагент с новой концентрацией может изменить рабочее давление и температуру в компрессоре.

Подогреватель картера

Подогреватель картера защищает компрессор от натекания хладагента в период, когда он не работает. Подогреватель будет эффективен в том случае, если температура масла в картере компрессора будет на 10 К выше температуры насыщения хладагента на линии всасывания. Для того чтобы убедиться, что требуемая температура масла поддерживается при всех внешних условиях, необходимо проводить специальные испытания. Для обеспечения заданной температуры масла во всех однокомпрессорных агрегатах и сплит-системах рекомендуются саморегулируемые терморезисторные подогреватели типа РТС.

При очень низкой температуре окружающей среды в дополнение к терморезисторным подогревателям можно установить подогреватели картера ленточного типа, хотя это не является оптимальным решением для 1- и 2-цилиндровых компрессоров. Для обеспече-

ния хорошей передачи тепла к маслу подогреватели ленточного типа крепятся на корпусе компрессора, как можно ближе к масляному картеру.

Подогреватели ленточного типа не являются саморегулируемыми. Их необходимо включать, когда компрессор останавливается и отключать, когда компрессор начинает работу. Их также следует включать за 12 часов до пуска компрессора после длительного периода простоя.

Если подогреватели картера не способны обеспечить температуру масла на 10 К выше температуры насыщения хладагента на линии всасывания при отключении компрессора или если выброс жидкого хладагента из испарителя происходит постоянно, необходимо установить соленоидный клапан (LLSV) вместе с отделителем жидкости на линии всасывания, а также использовать цикл с вакуумированием.

Соленоидный клапан на линии жидкости и цикл с вакуумированием

В холодильных установках на линии жидкости настоятельно рекомендуется устанавливать соленоидный клапан (LLSV). Он используется для отсечки жидкого хладагента, находящегося в конденсаторе, и предотвращения натекания жидкости в компрессор при его останове. Количество хладагента, попадающего в компрессор со стороны низкого давления, может быть уменьшено путем использования

цикла с вакуумированием (особенно при низких температурах эксплуатации) совместно с перекрытием линии жидкости соленоидным клапаном.

Цикл с вакуумированием рекомендуется, как правило, в случае принудительной оттайки испарителя с помощью электрических нагревателей.

Отделитель жидкости

Отделитель жидкости обеспечивает защиту компрессора от выброса жидкого хладагента из испарителя при включении компрессора, во время эксплуатации или после окончания цикла оттаивания испарителя. Он также защищает компрессор от натекания хладагента в нерабочие периоды, создавая дополнительный внутренний объем на стороне низкого давления системы.

Для выбора отделителя нужного объема руководствуйтесь рекомендациями изготовителя (в любом случае объем отделителя должен составлять не менее половины объема полной заправки хладагента). Для определения оптимального объема отделителя следует провести дополнительные испытания.

В системах с зеотропными хладагентами отделитель жидкости устанавливать не разрешается.