

## РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ГЕРМЕТИЧНЫХ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ MANEUROP

Компрессоры Maneurop производятся во Франции более 35 лет. Компания «Данфосс» постоянно совершенствует герметичные поршневые компрессоры. При правильном подборе компонентов холодильной системы, монтаже и эксплуатации герметичный компрессор Maneurop очень надежен. Это подтверждает 15-летний опыт продаж ООО «Данфосс» в России. В данной статье мы собрали рекомендации по эксплуатации, гарантирующие надежную работу компрессоров Maneurop.

Большую роль в работе холодильных установок играют размер и конструкция трубопроводов линий всасывания и нагнетания. Для гарантированного возврата масла в компрессор рекомендуется выбирать внутренний диаметр всасывающего трубопровода так, чтобы скорость газа на горизонтальных участках была не менее 4 м/с, а на вертикальных — 8...12 м/с.

В конструкции трубопровода всасывающей линии необходимо предусмотреть U-образную масляную ловушку в основании каждого вертикального участка. Если этот участок длиннее 4 м, то необходимо устанавливать масляные ловушки через каждые 4 м. Горизонтальные участки трубопровода должны иметь уклон порядка 0,5% (5 мм на 1 м длины) в направлении потока хладагента. В холодильных системах, где конденсатор находится выше компрессора, следует сделать петлю на уровне верхнего края конденсатора и как можно ближе к компрессору предусмотреть U-образную ловушку, чтобы предотвратить натекание хладагента и масла со стороны линии нагнетания во время остановки системы. Если общая длина трубопроводов системы более 20 м, то потребуются дополнительная заправка масла. Уровень масла должен быть в пределах  $\frac{1}{4}$ ... $\frac{3}{4}$  высоты смотрового стекла. Если существует риск недостаточного возврата масла, например, в установках с многосекционной системой испарителей или конденсаторов, необходимо устанавливать маслоотделитель.

Чтобы предотвратить натекание жидкого хладагента в компрессор во время остановки, рекомендуется применять подогреватель картера типа РТС. Он способен поддерживать температуру масла выше температуры окружающей среды

на 10 К. Если компрессор размещен в холодном помещении или на открытом воздухе, то в холодную и ветреную погоду следует устанавливать дополнительный ленточный подогреватель картера и теплоизолировать корпус компрессора.

Для защиты компрессора от натекания жидкого хладагента во время работы устанавливаются отделитель жидкости на линии всасывания.

Реле давления должны быть настроены так, чтобы обеспечить минимальное время работы компрессора. Допускается не более 12 включений в час. Для дополнительной защиты рекомендуем использовать реле температуры на линии нагнетания с настройкой 125 °С.

Терморегулирующий вентиль должен соответствовать типу используемого хладагента, холодопроизводительности установки и обеспечивать минимальный перегрев всасываемого газа 6...8 К.

Соблюдение данных рекомендаций поможет избежать следующих причин выхода компрессора из строя:

- натекание жидкого хладагента;
- пуск затопленного жидким хладагентом компрессора;
- гидравлический удар;
- перегрев компрессора;
- недостаток масла.

Рассмотрим эти причины более подробно.

### Натекание жидкого хладагента

Во время работы холодильной установки натекание жидкого хладагента в компрессор происходит через всасывающий патрубок. Наличие жидкого хладагента в компрессоре можно определить через смотровое стекло по вспениванию масла (рис. 1). В случае попа-



► Рис. 1. Вспенивание масла при натекании жидкого хладагента

дания жидкости в цилиндр произойдет вымывание смазки между цилиндром и поршнем. Это ведет к появлению задиров и перегреву цилиндра, вследствие чего образуются мелкие металлические частицы, загрязняющие холодильную установку. Кроме того, жидкий хладагент растворяется в масле, находящемся в картере компрессора, ухудшая его смазывающие свойства.

### Пуск компрессора, затопленного жидким хладагентом

Затопление компрессора происходит, когда хладагент мигрирует из системы в картер компрессора во время остановки. В неработающей установке хладагент может переместиться в самые холодные точки системы, а таковой может оказаться компрессор. При миграции паров хладагента в компрессор происходит их конденсация и растворение в масле. По мере насыщения масла в компрессоре образуется два слоя: нижний — из хладагента, верхний — из раствора масло/хладагент.

При запуске компрессора давление внутри него быстро снижается, и хладагент начинает вскипать. Происходит так называемый процесс «вспенивания» масла. Проблема заключается в том, что в масляные каналы коленчатого вала подается раствор масло/хладагент, из которого выкипает хладагент, занимая объем в каналах и тем самым препятствуя подаче масла в наиболее удаленные от картера трущиеся детали — верхний подшипник и коренной подшипник шатуна. В результате происходит износ и заклинивание подшипников. Поскольку повреждение деталей компрессора в результате натекания жидкого хладагента и пуска затопленного компрессора сходны, то последний можно определить по нескольким косвенным признакам: по уровню масла в смотровом стекле (уровень масла выше номинальной заправки), по вскипанию масла в первые секунды пуска компрессора (определяется через смотровое стекло).

### Гидравлический удар

Гидравлический удар происходит при натекании жидкого хладагента в компрессор или при пуске затопленного жидким хладагентом компрессора. В этих случаях раствор масло/хладагент может попасть во всасывающие каналы и затем через

всасывающий клапан в полость цилиндра. Поскольку жидкость практически не сжимается, то в процессе сжатия пара происходят деформация и поломка всасывающего клапана (рис. 2). Образовавшие-



► Рис. 2. Повреждение всасывающего клапана в результате гидроудара

ся осколки приводят к повреждению днища поршня и нагнетательного клапана.

В некоторых случаях возможно практически полное заполнение полости цилиндра жидким хладагентом, что может привести к поломке шатуна и даже коленчатого вала в результате гидравлической блокировки в цилиндре. Чаще всего это происходит после пуска компрессора, затопленного большим количеством жидкого хладагента.

Причинами натекания жидкого хладагента, затопления и, как следствие, гидроудара могут быть: малая нагрузка на испаритель, неправильный подбор терморегулирующего вентиля, низкое значение перегрева всасываемого пара.

### Перегрев компрессора

Во время работы компрессор нагревается как из-за выделения теплоты электродвигателем, так и в процессе сжатия газа. Компрессор разработан под определенные рабочие условия (температуры кипения и конденсации хладагента), и в допустимой области эксплуатации гарантируется его надежная и продолжительная работа.

При работе компрессора за пределами области эксплуатации в первую очередь повышается температура нагнетания (сначала растет температура внутри цилиндра, затем в нагнетательном клапане). С ростом температуры смазка в цилиндре и на поршне подгорает (рис. 3), что приводит к осушению трущихся поверхностей и их износу. При высоких температурах происходит коксование масла на нагнетательном клапане (рис. 4), а это влечет за собой неплотное прилегание клапана, перепуск газа и дальнейший рост его температуры. Перепуск газа

повышает давление всасывания и вызывает снижение производительности установок. При перегреве масло начинает разрушаться с образованием кислоты, которая, воздействуя на изоляцию об-



► Рис. 3. Следы разложения масла на стенках цилиндра из-за перегрева компрессора

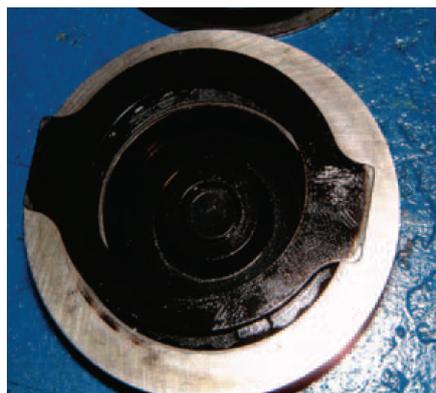
моток электродвигателя, может привести к повреждению и сгоранию статора. Постепенно кислота будет мигрировать в холодильную систему, что вызовет другие проблемы, например омеднение шеек коленчатого вала и поверхностей клапанов всасывания и нагнетания.

При нормальной работе масло должно быть светлым, а его потемнение свидетельствует о перегреве. Цвет масла можно контролировать через смотровое стекло компрессора.

Причиной перегрева могут быть: высокая степень сжатия, слишком низкое давление кипения, слишком высокое давление нагнетания, слишком большой перегрев всасываемого газа, наличие неконденсирующихся газов в конденсаторе, засорение фильтра и конденсатора, повреждение вентиляторов конденсатора, недоразмеренный конденсатор, неизолированный всасывающий трубопровод.

### Недостаток масла

Проблемы, связанные с недостатком масла, возникают в результате: уноса



► Рис. 4. Нагар масла на клапанном узле в результате перегрева компрессора

масла, блокирования подачи масла, его разложения и недостаточного возврата.

При загрязнении системы могут быть заблокированы фильтр-осушитель или масляные каналы, что приведет к недостаточной подаче масла на подшипники компрессора. Это вызовет перегрев подшипников, их осушение, износ и заклинивание (рис. 5).

Разрушение масла происходит при работе компрессора вне области эксплуатации или при высокой температуре нагнетания. Масло в этих условиях теряет свои смазывающие свойства, что приводит к износу стенки цилиндра и подшипников, заклиниванию шатуна.

Насыщение масла жидким хладагентом в результате миграции приводит к износу и заклиниванию подшипников.



► Рис. 5. Износ коленвала в результате недостатка масла

Недостаточный возврат масла в компрессор может быть следствием того, что компрессор эксплуатируется в циклическом режиме, неправильно разработан или смонтирован трубопровод системы (наличие мест скопления масла, неправильная скорость хладагента в трубопроводе), имеется утечка хладагента, трубопровод слишком длинный (требуется дополнительная заливка масла).

При выполнении рекомендаций по проектированию, монтажу и настройке, обеспечивающих возврат масла в компрессор и его работу в допустимых диапазонах, срок службы герметичного компрессора Манеуор составит 10 лет. Но есть компрессоры, которые работают гораздо дольше. В 2006 г. ООО «Данфосс» проводил конкурс на самый «старый» работающий Манеуор. Этот конкурс выиграл компрессор, установленный в 1989 г. в г. Тольятти. И до сих пор он работает, а ведь прошел уже 21 год.

*Николай Петров,*  
инженер технической  
поддержки отдела холодильной  
техники и кондиционирования