

УДК 621.565

## ДИАГНОСТИКА СПИРАЛЬНЫХ КОМПРЕССОРОВ МОЛОКО-ОХЛАДИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Сапожников Ф.Д., к.т.н., доцент

Швед И.М.

Назаров Ф.И.

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

**Постановка проблемы.** Спиральные компрессоры с каждым годом находят все большее применение в молокоохладительных установках. Это обусловлено тем, что они более надежны в эксплуатации, содержат на 40% меньше деталей, чем поршневые, производят меньше шума и имеют больший ресурс эксплуатации. В отличие поршней, подвижная спираль может быть идеально уравновешена и работать без вибрации. Спиральные компрессоры, имея меньше движущихся частей по сравнению с поршневыми компрессорами, обеспечивают их большую надежность. Однако, как показывает практика, спиральные компрессоры иногда преждевременно выходят из строя.

**Основные материалы исследования.** Внешние диагностические признаки отказов спиральных компрессоров в процессе эксплуатации – отсутствие вращения при запуске и металлические звуки и стуки. Первый вид отказов в период эксплуатации происходит по причине нарушения электропитания (отсутствие одной фазы или перекос фаз, выход из строя магнитных пускателей), защитных устройств компрессора (датчика уровня масла, тепловой и токовой защиты, реле контроля фаз, блока управления температурным режимом). Второй вид отказов спиральных компрессоров вызван нарушениями правил их эксплуатации обслуживающим персоналом. Как известно, основными деталями спирального компрессора является подвижная и неподвижная спирали, причем обе спирали одинаковы (рис. 1).

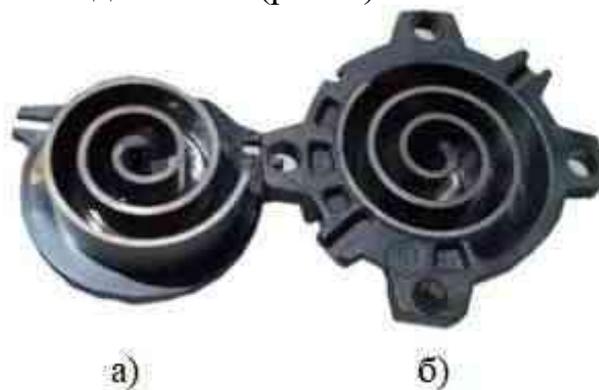
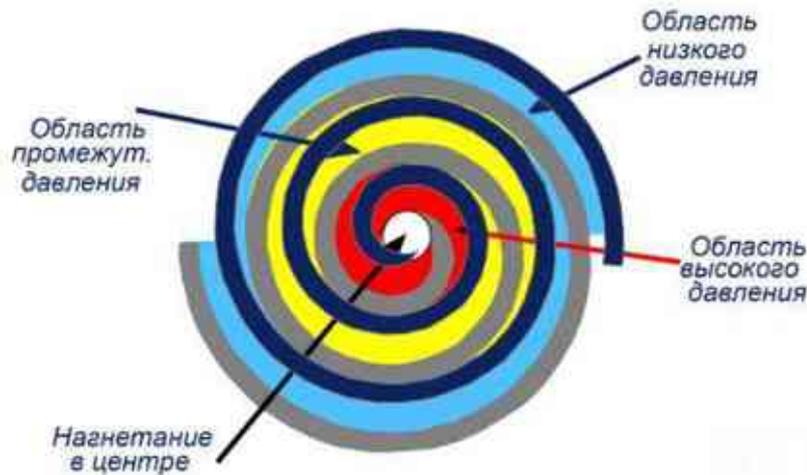


Рис. 1. Спирали компрессоров: а – подвижная; б – неподвижная

Подвижная спираль совершает эксцентрично-колебательное движение внутри неподвижной спирали. Хладагент, захватываемый из периферии спиралей, сжимается порциями и движется к центру, достигая максимального давления при смыкании спиралей, после чего выталкивается через отверстие в неподвижной спирали (рис. 2) [2].



**Рис. 2. Области давлений в межспиральном пространстве компрессора**

Вал спирального компрессора должен вращаться только в одном направлении. Обратное его вращение во время остановки компрессора вызывает металлический звук и стук. Другие диагностические признаки обратного вращения спиралей: давление на всасывании не падает до нужного уровня; давление на нагнетании не растет до нужного уровня; рабочий ток меньше указанного в каталоге; компрессор отключается спустя несколько минут работы; срабатывает встроенная защита. Длительное обратное вращение в итоге может привести к поломке спирального блока: маленький расход газа недостаточен для отведения тепла при отключенной защите.

В начальный период запуска холодильной установки необходимо проверить направление вращения спиралей, которое определяется по манометрам на нагнетательной и всасывающей стороне.

Спиральные компрессоры чувствительны к загрязнению перекачиваемого газа, так как мелкие частицы оседают на поверхности спирали, снижая герметичность рабочей камеры. На линии всасывания следует использовать фильтры с сердечником из 100% активированного алюминия. Такой фильтр подлежит замене после 72 часов работы. Следует использовать в отделителях жидкости (на всасывании) и в терморегулирующем вентиле фильтры с ячейками минимально допусти-

мого размера. Ячейки должны задерживать такие частицы, которые могут перекрыть отверстие терморегулирующего вентиля. Частицы меньшего размера не смогут причинить ущерба [1].

Перед запуском холодильную установку вакуумируют. Вакуумирование системы только со стороны всасывания спирального компрессора может привести к тому, что компрессор временно не будет запускаться. Причина этого состоит в том, что при повышении давления на плавающее уплотнение возможно сцепление его со спиралью. Следовательно, до полного выравнивания давления плавающее уплотнение и спираль будут плотно прижаты друг к другу. А вот падение давления на всасывании может стать причиной перегрева и открытия термодиска. Однако поток газа может быть недостаточный для быстрого срабатывания защиты, в результате – выход компрессора из строя из-за перегрева.

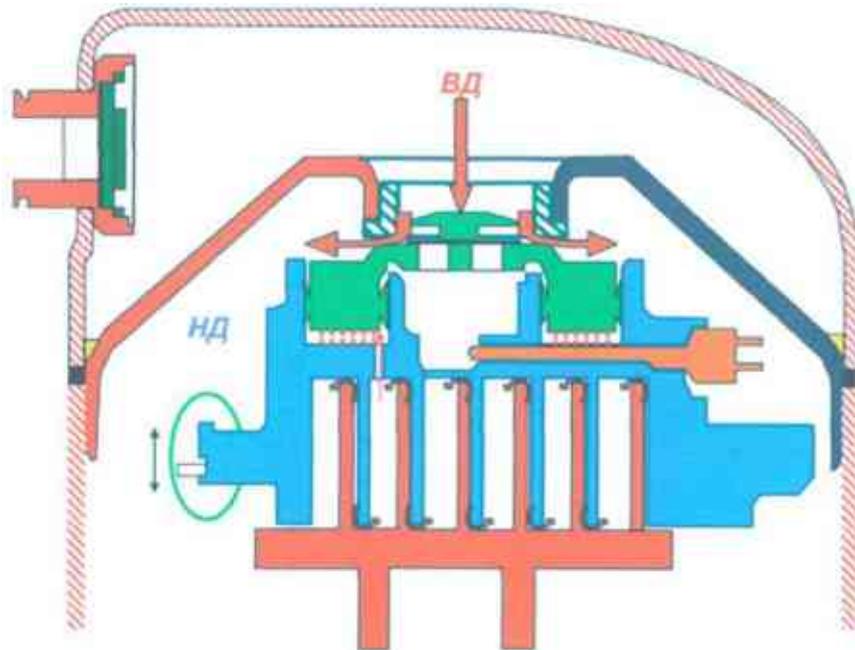
Для защиты компрессора от работы «под вакуумом» следует применять реле низкого давления. Плавающее уплотнение обеспечивает защиту от работы «под вакуумом». Компрессор перестанет сжимать при превышении степени сжатия 10. Работа компрессора «под вакуумом» запрещается, так как она способствует образованию электрической дуги на металлических деталях проходных контактов и, как следствие, отказу компрессора [2].

Опасные режимы (степень сжатия выше 20) для компрессоров (расчет по абсолютному давлению) вызваны тремя причинами. Первая из них – это слишком «глубокая» откачка паров перед остановкой (установка реле низкого давления слишком малая). Вторая причина вызывается тем, что установка реле высокого давления слишком высока при очень высокой температуре конденсации. Третья причина – ледяная пробка в терморегулирующем вентиле (из-за влаги в контуре). Спиральный компрессор способен бесперебойно работать в различных неблагоприятных условиях (зависит от компоновки и условий эксплуатации системы) благодаря двум видам согласования: осевому и радиальному.

Осевое согласование позволяет механическим частям (спиралью и подшипникам) разгружаться в случае очень высокой степени сжатия (выше 20). Первая ступень разгрузки спиралей создает внутренний частичный байпас сжатого газа в область низкого давления вверх торцов спиралей.

Вторую ступень разгрузки осуществляет плавающее уплотнение. Плавающее уплотнение подходит к положению, близкому к остановке. Байпас полный, минуя спиральный блок. Эта система разгрузки самонастраивающаяся: механические части возвращаются в положение нормальной работы, как только степень сжатия становится ниже 20. Уплотнение отжимается в осевом направлении вниз, пропуская газ из

области высокого давления в область низкого давления. Отжимается также вверх в осевом направлении неподвижная спираль (рис. 3).



**Рис. 3. Осевое согласование в положении «Чрезмерное давление»**

Вращающаяся спираль контактирует с неподвижной спиралью во время работы компрессора. До начала работы боковые поверхности спиралей не соприкасаются друг с другом. В случае залива жидкостью или попадания механических частиц позволяет вращающейся и неподвижной спиральям разъединяться в горизонтальном направлении.

Спиральный компрессор допускает лишь кратковременное и небольшое попадание жидкого хладагента или масла. Поэтому вероятна возможность гидравлического удара для него. Результатом гидравлического удара является разрушение спиралей компрессора ввиду невозможности сжатия ими жидкости. Сначала разрушается подвижная спираль, затем неподвижная и потом муфта Ольдгейма.

Если компрессор немедленно не остановить, то будет продолжаться дальнейшее разрушение деталей, находящихся в области сжатия. В результате появления металлических частиц может произойти повреждение электродвигателя.

Также для предотвращения гидроудара при пуске спирального компрессора необходимо обязательно использовать наружный поясковый ТЭН подогрева картера. Подогреватель должен быть включен за 12...14 часов до включения в работу компрессора.

Значительный залив жидкостью в переходные периоды возможен по следующим причинам. Первая причина – это пуск после длительной стоянки в холодном помещении. Вторая причина – это возвращение в

режим охолодження після розморозки. Из-за частого включення и коротких периодов работы компрессора происходит вынос масла в систему, что влечет за собой недостаток смазки. Хотя на спирали компрессора требуется подавать мало масла, оно покидает компрессор при пуске. Короткие периоды работы компрессора затрудняют возврат масла в него и, как следствие, вызывают недостаток смазки. Чрезмерный залив хладагента разжижает масло, вызывая выход из строя подшипников недостаточной смазкой.

Следует исключать из практики заправку холодильного контура хладагентом в контур лишь высокого или низкого давления. Причина заключается в плотном соприкосновении краев спиралей друг с другом и, как следствие, усиленном осевом их контакте из-за быстрого повышения давления всасывания без одновременного увеличения давления со стороны нагнетания. В результате до момента выравнивания давлений подвижная и неподвижная спирали могут прижиматься торцами, препятствуя вращению.

Для обеспечения достаточной смазки, с одной стороны, важно особенно внимательно следить за минимальной разницей между температурой внизу корпуса и температурой кипения. С другой стороны, максимальная температура снизу корпуса не должна превышать  $93^{\circ}\text{C}$ . Измеряется данная температура вблизи самой нижней точки по центру компрессора. Верхняя часть компрессора и линия нагнетания могут кратковременно нагреваться до температуры  $175^{\circ}\text{C}$  (при срабатывании встроенной защиты компрессора). Температура линии нагнетания:  $135^{\circ}\text{C}$  недопустимая;  $120^{\circ}\text{C}$  – опасность коксования масла; меньше  $110^{\circ}\text{C}$  – желательная. Для увеличения продолжительности срока службы компрессора необходимо ограничивать время его работы при температуре нагнетания более  $120^{\circ}\text{C}$ .

**Выводы.** Диагностическими параметрами спиральных компрессоров являются: а) допустимый нагрев корпуса; б) уровень шума при работе; в) допустимое наличие масла.

Качество монтажа холодильной установки, как правило, проявляется в начальный период эксплуатации. В этот период необходимо произвести дополнительную настройку защиты компрессора, регулировку терморегулирующего вентиля, дозаправку системы, замену фильтров, что в дальнейшем обеспечит бесперебойную работу холодильного агрегата. Необходимо использовать в отделителях жидкости (на всасывании) и в терморегулирующем вентиле фильтры, ячейки которых задерживают механические частицы, перекрывающие отверстие терморегулирующего вентиля. Минимальный размер ячейки –  $0,59$  мм.

Заправку хладагентом следует проводить одновременно в контуры высокого и низкого давления холодильного агрегата. Такая процедура предотвращает «слипание» спиралей в осевом направлении. Чрезмер-

ний залив хладагента разжижает масло, вызывая выход из строя подшипников недостаточной смазкой. Для предупреждения гидравлического удара необходимо устанавливать в систему отделитель жидкости на стороне низкого давления и обратный клапан на линии нагнетания.

Необходимо предусматривать установку таймера по частоте включения компрессора (количество пусков/остановок должно быть ограничено 10 циклами в час). Термостат на линии нагнетания располагается на расстоянии 12 см. от нагнетательного вентиля компрессора. При срабатывании по температуре существует временная задержка 30 минут.

Подогреватель картера должен быть включен за 12...24 часа до предполагаемого пуска компрессора.

### *Список литературы*

1. Бабакин, Б.С., Выгодин В.А. Спиральные компрессоры в холодильных системах: Монография. Рязань: «Узорочье», 2003. 379 с.
2. Спиральный компрессор Copeland: принцип действия и устройство URL: [//www.c-o-k.ru/images/library/water-marked/cok/235/23565/9b59cad120a24701924f1e53b4cbcf4.pdf](http://www.c-o-k.ru/images/library/water-marked/cok/235/23565/9b59cad120a24701924f1e53b4cbcf4.pdf) – Дата доступа: 08.10.2020.