УДК 621.57:621.51

Основные возможные неисправности спиральных компрессоров

Д-р техн. наук, проф. **Б.С. БАБАКИН**,
д-р техн. наук, проф. **В.А. ВЫГОДИН**,
С.А. ПЛЕШАНОВ
Московский государственный университет прикладной биотехнологии

В настоящее время широкомасштабные исследования в области спиральных компрессоров ведут многие фирмы–производители компрессоров для холодильной промышленности. Холодильные спиральные компрессоры успешно выдержали испытания временем и активно начали вытеснять другие типы компрессоров. Это обусловлено тем, что спиральные компрессоры надежны в эксплуатации, содержат на 40% меньше деталей, чем поршневые, производят меньше шума и имеют больший эксплуатационный ресурс.

Спиральные компрессоры используются во всех основных системах воздушного кондиционирования, включая сплит- и мультисплит-модели, напольные версии, руф-топы (крышные кондиционеры), в тепловых насосах, в компрессорно-конденсаторных агрегатах, в централизованных системах холодоснабжения супермаркетов, в промышленном холоде и в транспортных установках, включая контейнеры. Диапазон холодопроизводительности спиральных компрессоров постоянно расширяется, и в настоящее время его верхняя граница приближается к 200 кВт (при использовании многокомпрессорной станции).

В указанных областях холодильной техники спиральные компрессоры активно конкурируют с поршневыми и винтовыми. Очевидно, что у каждого типа компрессоров есть свои недостатки и преимущества.

Конструкция спирального компрессора обеспечивает улучшенные эксплуатационные качества: низкий уровень шума, высокую надежность, увеличенный срок службы по сравнению с поршневыми и винтовыми компрессорами. Однако, как и у любой современной техники, при их работе могут возникать всевозможные неисправности.

Как показывает многолетний опыт эксплуатации, большинство неисправностей герметичных компрессоров любого типа – следствие внешних причин (так называемого человеческого фактора). Это могут быть: неправильный подбор компрессора или других элементов холодильной установки; грубые ошибки при монтаже; неправильная эксплуатация; несоответствие условий работы и параметров электросети допустимым. Проблема усугубляется бытующим среди монтажников и инженеров-холодильщиков неверным мнением о том, что спиральный компрессор является "неубиваемым", т.е. его очень трудно вывести из строя.

Рассмотрим подробнее наиболее часто встречающиеся неисправности спиральных компрессоров. Среди них есть как присущие только этому типу компрессоров, так и общие для герметичных холодильных компрессоров (сгорание электродвигателя, разрушение подшипников и т.д.).

Легче всего идентифицируются **повреждения, связанные с внешними ударами**, которые условно можно поделить на две группы: повреждение внешних и повреждение внутренних деталей.

Повреждение внешних деталей:

• вмятины на корпусе компрессора вследствие неправильного обращения или повреждения при транспортировке или из-за непрочной конструкции упаковки;

• разрушение крышки клеммной коробки или отделение/поломка опоры компрессора.

Эти повреждения, как правило, связаны с неправильным обращением с компрессором. Кроме того, их причиной может быть нарушение производственного процесса на предприятии-изготовителе – несоблюдение рабочих параметров сварки при приварке клеммной коробки к корпусу.

Повреждение внутренних деталей:

• риск повреждения внутренних деталей в результате внешних ударов сведен к минимуму. Это относится как к движущимся элементам компрессора – ротору, подвижной спира-

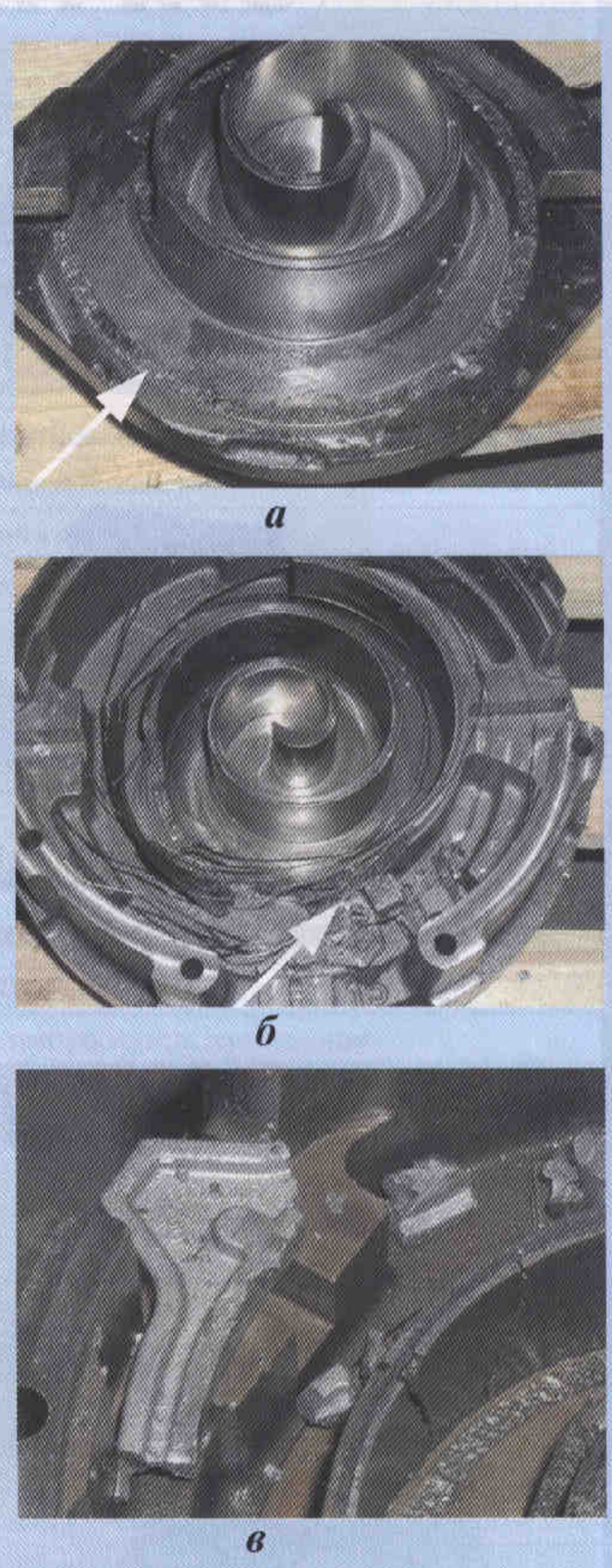


Рис. 1. Повреждения деталей спирального компрессора вследствие гидравлического удара:
а – разрушение подвижной спирали;
б – разрушение неподвижной спирали;
в – разрушение муфты Ольдгейма

ли, коленчатому валу, так и к электродвигателю, прочно закрепленному в корпусе. Тем не менее возможность таких повреждений нельзя полностью сбрасывать со счетов.

Очень часто приходится слышать мнение о том, что одна из самых страшных по своим последствиям неисправностей поршневых компрессоров – **гидравлический удар** – спиральным компрессорам не грозит. Это неправильное мнение. Спиральный компрессор может нормально работать при попадании небольшого количества смеси жидкого хладагента и масла в полость сжатия на короткий период, но возможность гидравлического удара для него тоже вероятна. Результатом гидравлического удара может стать разрушение спиралей компрессора – сначала подвижной, потом неподвижной (рис.1, *а, б*), а затем муфты Ольдгейма (рис.1, *в*). Если компрессор немедленно не остановить, то будет продолжаться дальнейшее разрушение этих деталей. Кроме того, в результате появления металлических частиц может произойти повреждение электродвигателя (в частности, его статора и обмоток).

Наиболее вероятными причинами гидравлического удара могут быть: попадание жидкого хладагента в компрессор или конденсация хладагента в трубопроводе при неработающем компрессоре; использование горячего газа (пара) для оттаивания испарителя; заправка компрессора слишком большим количеством хладагента. Кроме того, гидроудар может быть вызван неправильным выбором терморегулирующего вентиля или технически неграмотным исполнением трубопроводов (неправильная конструкция, отклонения диаметров трубопроводов от расчетных величин). Наиболее редкими, но все же встречающимися причинами гидравлического удара являются плохая циркуляция воздуха у испарителя и перетекание хладагента в самую холодную точку системы.

Для предотвращения гидравлического удара необходимо:

• установить отделитель жидкости на стороне низкого давления холодильной системы и обратный клапан на линии нагнетания;

• проверить расход в терморегулирующем вентиле, конструкцию трубопроводов и наличие циркуляции воздуха у поверхности испарителя (при необходимости следует прочистить испаритель);

• поставить компрессор в более теплое место либо установить подогреватель картера или дополнительный ленточный подогреватель.

Как видно из вышесказанного, причины гидравлического удара в спиральном компрессоре и методы борьбы с ним такие же, как и у поршневых компрессоров.

Уже давно было выявлено, что различные **загрязнения системы** уменьшают надежность холодильного оборудования и сокращают срок службы компрессора.

Описанные ниже повреждения связаны в основном с наличием в системе механических загрязнений или с большим содержанием воды, растворенной в хладагенте и масле. Но они могут инициироваться также присутствием в системе свободной воды или воздуха.

Возможность возникновения повреждений вследствие загрязнения увеличивается с повышением температуры компрессора. Наиболее опасным является участок на нагнетательной стороне компрессора, где повышение температуры возможно из-за наличия неконденсирующихся газов в линии нагнетания.

При неправильной регулировке реле низкого давления появление течи на стороне всасывания может способствовать проникновению в систему воздуха. К такому же к нежелательному результату может привести работа системы под вакуумом.

Появление *ржавчины* в спиральном компрессоре может быть следствием:

• несвоевременной установки компрессора в систему (компрессор часами стоит открытым на воздухе, что является недопустимым при использовании полиэфирного масла);

• нарушение работы воздухоохладителя и трубопроводов низкого давления.

Увеличение *уровня кислотности* является следствием большого содержания влаги в системе (в основном в масле) либо наличия мест перегрева, способствующих разрушению молекул масла или хладагента.

Появление *медной пленки* на поверхности деталей является результатом совместного действия высокой температуры, значительного влагосодержания и присутствия в системе кислот. Медная пленка последовательно уменьшает рабочие зазоры в подшипниках и трущихся деталях, приводя к увеличению трения и повышению температуры в них (рис. 2).

Рис. 2. Медная пленка на поверхности спиралей

Чтобы избежать рассмотренных нежелательных последствий загрязнения, проверяют:

• температуру кипения и перегрев на линии всасывания (они должны соответствовать оптимальному режиму работы системы);

• температуру жидкости и величину переохлаждения.

Также необходимо проверить содержание влаги в системе (с помощью индикатора) и ее герметичность.

Попадание *твердых частиц* в компрессор происходит в процессе монтажа системы или при наличии грязи и других посторонних частиц в одном из элементов контура, что влияет на работу механических частей компрессора.

Элементы контура чаще всего засоряются при монтаже системы, например: картер компрессора не был отвакуумирован во время установки в систему; паяльные работы проводились без использования инертного газа; вакуумирование не доводилось до заданного уровня; при мон-

Рис. 3. Разрушенный упорный подшипник подвижной спирали

Рис. 4. Нарушение рабочей поверхности шейки вала из-за люфта подшипника

таже не работал или не был установлен вакуумный манометр; испытания под давлением и на утечку проводились с использованием неразрешенного газа.

Наличие загрязнений в системе приводит к отклонению от оптимальных рабочих параметров компрессора и способствует неустойчивой работе подвижной спирали. При работе под вакуумом может произойти полное разрушение ее упорного подшипника, как это показано на рис. 3. Для предупреждения такого рода повреждений необходимо:

• в процессе проведения паяльных работ всегда применять инертный газ. Отклонения от оптимальных рабочих параметров являются причиной высоких температур, уменьшающих массовый расход хладагента, что ведет к снижению эффективности охлаждения электродвигателя;

• при вакуумировании использовать двухступенчатые вакуумные насосы. Уровень вакуумирования и методика откачки должны соответствовать рекомендациям предприятий–изготовителей компрессоров;

• для испытаний под давлением по возможности применять газообразный азот. При использовании сухого воздуха его влагосодержание (точка росы) должно соответствовать влагосодержанию, рекомендованному для окончательно собранной системы;

• удостовериться, что холодильная система имеет правильно подсоединенные устройства защиты по давлению.

Чтобы компрессор работал в благоприятных условиях, следует регулярно контролировать рабочие параметры системы.

Необходимо следить за правильной установкой подшипников: при возникновении люфта в верхнем подшипнике могут появиться задиры в результате касания ротора и статора электродвигателя и нарушение рабочей поверхности шейки коленчатого вала (рис. 4).

Повреждения, связанные с **плохой смазкой,** – это задиры, заклинивание сопрягаемых деталей, выкрашивание и износ подшипников и т.д. (рис. 5). Причинами плохой смазки могут быть: нарушения герметичности в контуре; унос масла из компрессора; недостаточный возврат масла в компрессор; наличие мест скопления масла в системе; продолжительная работа компрессора с неполной нагрузкой на испаритель.

Избежать недостаточности смазки можно, проконтролировав: объем заправки и герметичность холодильной системы; наличие циркуляции масла в контуре и возврат достаточного количества масла в компрессор; разводку трубопроводов и их размеры; число пусков компрессора в заданный период времени; рабочие параметры при неполной нагрузке на испаритель (если используются параллельно соединенные испарители).

Всасывание компрессором масла, растворенного в хладагенте, возможно при перетекании хладагента из системы в картер компрессора (при неработающем компрессоре), растворении его в находящемся там масле, при размещении компрессора в самом холодном месте контура, при отсутствии подогревателя картера или его малой мощности.

Рекомендуется: проверить работу подогревателя картера (установить дополнительный ленточный подогреватель, если это необходимо) и рабо-

а

б

в

г

Рис. 5. Повреждения деталей спирального компрессора из-за плохой смазки:
а – изношенный упорный подшипник;
б – следы заклинивания на верхнем подшипнике коленвала;
в – выкрашивание подшипника;
г – задиры опорного подшипника подвижной спирали.

ту соленоидного вентиля (если он используется); оснастить установку системой регулирования подачи хладагента в испаритель; защищать компрессор от воздействия низких температур.

Наиболее распространенными причинами **повышенной рабочей температуры** в компрессоре являются: работа за пределами расчетной области со слишком большой степенью повышения давления; слишком высокая температура всасывания из-за большого перегрева пара. Излишний перегрев может быть следствием многих факторов: неправильного монтажа линии всасывания, что создает большой перепад давлений; отсутствия теплоизоляции на трубопроводах линии всасывания; частичной утечки хладагента; плохой настройки терморегулирующего вентиля; несоответствия рабочих параметров расчетным при эксплуатации установки с неполной нагрузкой на испаритель; низкого уровня масла в картере компрессора.

Для предупреждения повышения рабочей температуры сверх допустимых значений проводят следующие операции: сначала проверяют и чистят змеевик конденсатора; затем проверяют объемы заправленного масла и хладагента; далее покрывают теплоизоляцией трубы на линии всасывания и после этого проверяют все рабочие параметры системы охлаждения.

Неполадки в электрооборудовании (рис. 6) могут возникнуть, например, при сбое в электропитании, вследствие некачественного изготовления электродвигателя, а также при работе системы на нерасчетных режимах (высокая температура или снижение расхода хладагента, в результате чего не обеспечивается надлежащее охлаждение электродвигателя). Кроме того, они могут быть вызваны сверхнормативными отклонениями электрических параметров сети (напряжения, силы тока) или повреждениями элементов электрооборудования (контактора, пускового реле, конденсатора). Меры предотвращения электрических неполадок включают проверку рабочих параметров компрессора (особенно температуры и перегрева хладагента), а также узлов и параметров электропитания (величины напряжения и его перекос). Напряжение должно находиться в пределах, указанных в паспорте на изделие, а перекос напряжения должен быть менее 2%. Рассогласование напряжения ведет к изменению рабочего тока, что, в свою очередь, влияет на рост температуры обмотки электродвигателя.

Необходимо соблюдать осторожность при сборке компрессора. Иначе может произойти касание токопроводящим проводом внутренних деталей, повреждение токопроводящего провода или перегорание обмотки электродвигателя при приварке картера компрессора.

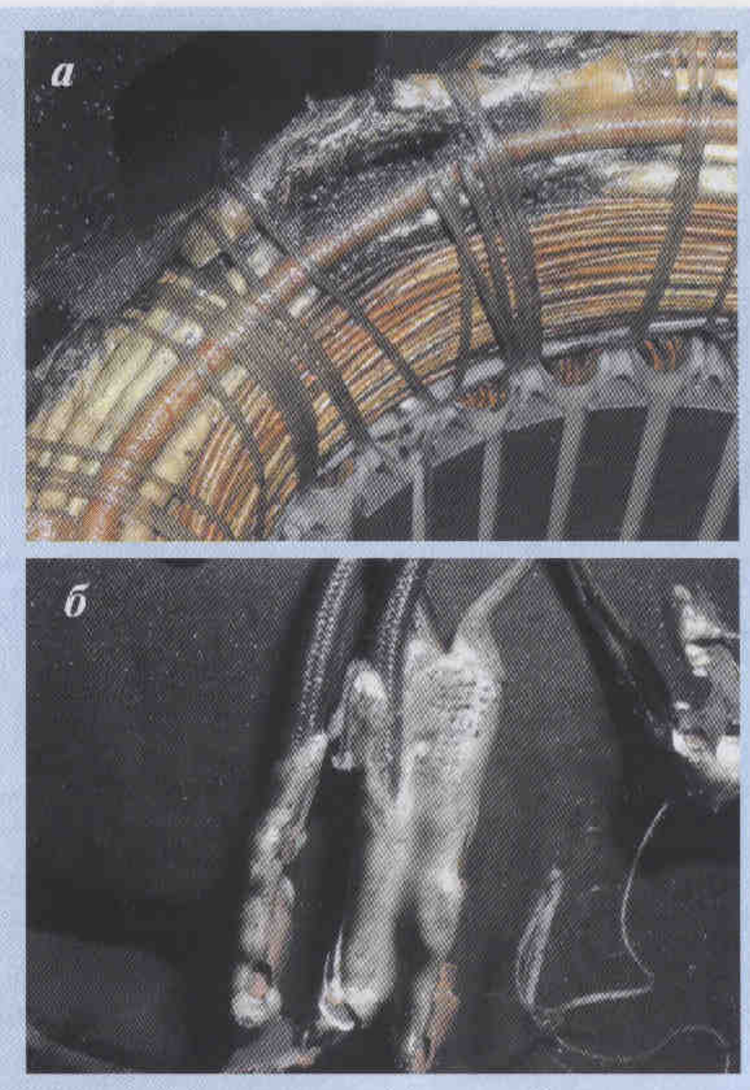


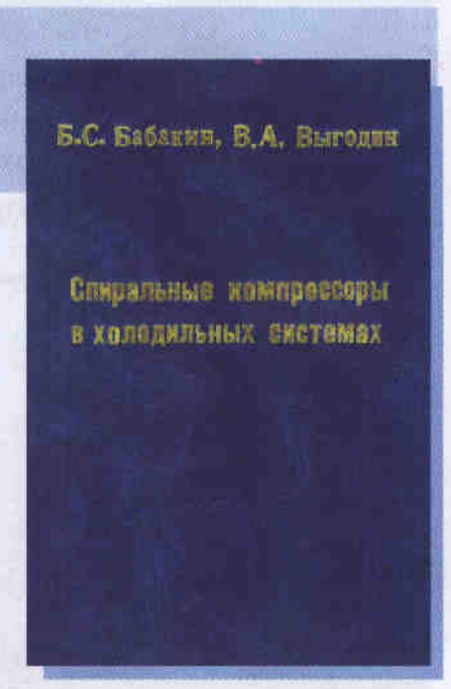
Рис. 6. Неполадки в электрооборудовании: а – сгоревшие обмотки электродвигателя; б – расплавленный электрический разъем

Критика и библиография

«СПИРАЛЬНЫЕ КОМПРЕССОРЫ В ХОЛОДИЛЬНЫХ СИСТЕМАХ»

МОНОГРАФИЯ

Д-р техн. наук, проф. Б.С. БАБАКИН, д-р техн. наук, проф. В.А. ВЫГОДИН (2003 г., 379 с., тираж 2000 экз.)



В монографии отражены результаты исследований спиральных компрессоров.
Детально рассмотрены принципы действия и конструктивные особенности спиральных компрессоров ведущих фирм-производителей, а также многокомпрессорные станции на их основе.
Освещены вопросы интенсификации наружного теплообмена компрессоров, в том числе с помощью электроконвекции.
Значительное внимание уделено монтажно-сервисному обслуживанию спиральных компрессоров, рассмотрены возможные неисправности и методы их устранения.
Приведены свойства и обозначены области применения альтернативных хладагентов и масел для холодильных систем со спиральными компрессорами.
Описаны технические средства и оборудование для сервиса холодильных систем.
В приложениях приведены технические характеристики спиральных компрессоров, даны диапазоны применения различных хладагентов, их lg*p*–*h*-диаграммы.
Монография предназначена для инженерно-технических работников, а также может быть использована студентами вузов соответствующих специальностей.

По вопросам приобретения книги обращаться по тел.: 277-07-22, 207-77-67, 277-03-43, 207-35-72 .