

Горохов С.Ю., Ходжемиров С.А.
Emerson Climate Technologies/ Copeland

Некоторые отличительные черты спиральных компрессоров Copeland и особенности их эксплуатации

Спиральные компрессоры Copeland впервые появились на холодильном рынке России и стран СНГ около 7...10 лет назад. Но сегодня, по-прежнему, недостаточно информации об особенностях конструкции и эксплуатации этих компрессоров, либо информация поступает в искаженном виде «по испорченному телефону».



Поэтому мы решили в форме статьи предоставить Вам возможность ознакомиться с информацией от лидера в производстве спиральных компрессоров – компании **Copeland Corporation (США)**.

Российский рынок спиральных компрессоров значительно отличается от европейского и тем более от американского. В Европе и особенно в Америке основной областью применения спиральных компрессоров является кондиционирование воздуха. Продукция компаний *Airwell, Carrier, CIAT, Fritec, Multi Clima, Lennox, Rolesco, Samsung, Searle, Soprano, Trane, Wesper* и многих других крупных производителей в области кондиционирования (со спиральными компрессорами фирмы *Copeland* внутри) хорошо себя зарекомендовала и широко известна во всем мире.



рис. 1 холодильный спиральный компрессор Copeland.

В отличие от Европы, США и Азиатско-Тихоокеанского региона страны СНГ (Россия, Украина и другие) на сегодняшний день, по-прежнему, остаются преимущественно холодильным рынком. Производство систем кондиционирования ни в России, ни в других странах СНГ пока не получило должного развития.

По этой причине на всем постсоветском пространстве спиральные компрессоры (равно, как и многие другие типы компрессоров) используются прежде всего для решения холодильных задач. Например, в первую очередь в хранении пищевой продукции, магазиностроении, в технологических процессах охлаждения и замораживания. В связи с этим, мы предлагаем в данной статье рассмотреть некоторые особенности эксплуатации прежде всего холодильных спиральных компрессоров *Copeland* и ответить на наиболее часто задаваемые нам вопросы.

Возможно, кому-то нижеприведенные вопросы и наши ответы на них покажутся тривиальными. Однако, по нашему мнению, иногда лучше повторить уже хорошо и давно известное, чем в какой-то момент времени в спешке забыть предпринять важные шаги по защите холодильной системы от возможных проблем.

Считается, что спиральные компрессоры применимы только в кондиционировании воздуха, а для работы в низкотемпературной области подходят только полугерметичные поршневые или винтовые компрессоры ?

Да, данное высказывание **действительно для большинства существующих в мире спиральных компрессоров. Но не для компрессоров фирмы Copeland.** Многие дистрибьюторы продукции конкурирующих фирм обращают всеобщее внимание на то, что спиральный компрессор предназначен только для высоких или, в крайнем случае, средних температур. Вероятно, они имеют ввиду те компрессоры, которые поставляют они сами, не имея возможности приобрести оборудование с более широкими возможностями. Или, что тоже вероятно, подобные высказывания являются простым трюком в конкурентной борьбе за умы тех, кто пока не посвящен в детали внутреннего устройства спиральных компрессоров различных фирм, а также ничего не знает об их сравнительных преимуществах/недостатках.

Уникальность спиральных компрессоров *Copeland* заключается в том числе в возможности безболезненно впрыскивать жидкий (или парообразный) хладагент непосредственно в спиральные полости приблизительно в середине процесса сжатия. Такой возможности не имеет большинство других спиральных компрессоров ввиду серьезного отличия конструкции. Фирма *Copeland*, будучи пионером в промышленном освоении спиральной технологии в мировом масштабе (**первые в мире серийные спиральные компрессоры сошли с конвейера нового специализированного завода Copeland в США в 1987г.**), первой запатентовала в ряде стран наиболее интересные технические решения, которые и позволяют производить впрыск жидкости для промежуточного охлаждения в низкотемпературных режимах непосредственно в зону сжатия, не снижая рабочего ресурса компрессора. Благодаря этому **низкотемпературный спиральный компрессор Copeland практически единственный в мире может спокойно работать при температурах кипения минус 35...минус 40 °C (R22 или R404A).** и при обычных температурах конденсации +30...+50 °C.

Таким образом, технологический процесс замораживания с использованием низкотемпературного спирального компрессора *Copeland* – это реалии сегодняшнего дня. Данная технология уже опробирована и успешно применяется в России, Украине и других странах СНГ.

Те специалисты, кто уже имеет собственный практический опыт эксплуатации низкотемпературных спиральных компрессоров *Copeland*, хорошо знают, что **ни один другой компрессор любого типа (включая поршневые, ротационные, винтовые и даже турбокомпрессоры) не выходит на заданный низкотемпературный режим так быстро, как это происходит с компрессором Copeland.** Так что те потребители, кому требуется самый быстрый темп заморозки, могут сказать фирме *Copeland* спасибо за низкотемпературный спиральный компрессор.

Может ли спиральный компрессор работать при отрицательных температурах окружающего воздуха ?

Чаще всего этот вопрос возникает при установке агрегата со спиральным компрессором на улице. **Однако, идеальное место размещения любого компрессорного оборудования – это машинное отделение!** Температура в машинном отделении должна поддерживаться в районе +16°C. Но реалии таковы, что значительная часть компрессоров устанавливается на открытом воздухе. В этом случае **фирма Copeland может гарантировать надежную работу своих компрессоров до температуры не ниже минус 10°C.** На сегодняшний день в мире не существует компрессоров (в том числе и других фирм-производителей), способных работать при более низких температурах окружающего воздуха без применения так называемого «зимнего пакета» дополнительных аксессуаров (нагреватель картера, изоляция, регуляторы). Беда заключается в том, что слишком мало специалистов хорошо себе представляет в деталях, каким этот «зимний пакет» должен быть в каждом конкретном случае. Необходимость в «зимнем пакете» объясняется прежде всего особенностями конструкции различных типов компрессоров, а также свойствами масел, которыми эти компрессоры заправляются.

Все производители спиральных компрессоров в мире (кроме отечественного завода «Точмаш») и большинство современных производителей поршневых компрессоров (сальниковых/бессальниковых и герметичных) используют подшипники скольжения на основе либо медных, либо алюминиевых сплавов. Но при температурах ниже минус 10°C коэффициенты линейного расширения меди/алюминия со одной стороны и стали/чугуна с другой значительно различаются. Это приводит к некоторому уменьшению зазоров в парах трения. Что касается масла, применяемого в спиральных компрессорах (для поршневых компрессоров то же самое), то его вязкость заметно растет при температурах ниже минус 10°C. Следовательно, велика вероятность, что компрессор будет в этом случае работать в условиях недостаточной смазки либо вообще при «сухом трении». Особенно велика вероятность «сухого трения» при центробежной системе смазки (смазка под низким давлением !). Результат - выход из строя подшипников и остановка компрессора. Предвидим Ваше возражение: «Но ведь большое количество оборудования нормально работает на открытом воздухе. Как быть с этим?». Но на это возражение скорее ответят производители агрегатированного оборудования, которые путем применения тех или иных технических решений и дополнительных опций создают компрессору приемлемые условия смазки даже при более низких окружающих температурах (до минус 25...30 °C).

С какими маслами можно работать ?

Раз мы заговорили о масле, остановимся на маслах, применяемых фирмой *Copeland*. Все компрессоры поставляются уже заправленными маслом в достаточном количестве, которое позволяет им надежно работать (только в контуре с одним компрессором в большинстве типовых применений). На заводе заправляется синтетическое масло марки *ICI Emkarate RL 32 CF*. В полевых условиях можно доливать масла *ICI Emkarate RL 32 CF* или *Mobil EAL Arctic 22 CC*. Оба масла полностью друг с другом смешиваемы в любой пропорции.

Данные по количеству масла для каждого компрессора указаны в каталоге по оборудованию фирмы *Copeland*. Компрессоры должны заправляться только

вышеуказанными маслами. При работе с хладагентами, не содержащими хлор, смешивание синтетических с минеральными и/или алкилбензольными маслами не допускается.

Синтетическое масло очень гигроскопично, что оказывает сильное влияние на его химическую устойчивость. Система должна вакуумироваться до давления 0.3 мбар или ниже. В случае сомнения на предмет содержания влаги в системе, необходимо взять образцы масла из разных точек для тестирования уровня влаги в них. Исходя из практического опыта, безопасный уровень остаточной влаги в системе с синтетическим маслом находится на уровне 50 частей на миллион. Большинство индикаторных стекол, к сожалению, реагирует изменением цвета при значительно более высоких значениях влагосодержания. Какое индикаторное стекло мы можем рекомендовать? Индикаторы серий MIA либо AMI фирмы Alco Controls. Данные индикаторные стекла, имея 4 градации по цвету, позволяют пользователю сделать однозначное заключение следующего свойства: «очень сухо – отлично», «сухо-хорошо», «повышенное содержание влаги–опасно, разложение масла началось - требуется замена осушителей», «много влаги – кислота - требуется замена осушителей и масла». Большинство других индикаторных стекол, существующих в мире, применимы для систем, заправленных минеральным маслом. Для систем с полиолефирными (синтетическими) маслами обычные индикаторные стекла скорее сгодятся только для контроля протока жидкого хладагента, а не как важный и необходимый элемент в системе защиты холодильного контура от кислотообразования.

Как часто можно включать/выключать спиральный компрессор ?

Количество включений/отключений для спиральных компрессоров Copeland не имеет значения, благодаря особенностям их конструкции. Тем не менее, мы рекомендуем ограничивать это количество 10 циклами в час. Просто из-за частых включений компрессоров **любого типа (!)** масло будет больше «уходить» в систему. Из-за короткого времени работы при частых включениях/отключениях возврат масла из системы в компрессор будет затруднен, что может привести к недостатку смазки.

Кстати, спиральный компрессор *Copeland* имеет одну из самых низких степеней уноса масла в систему по сравнению с компрессорами других типов, т.к. масло практически не участвует в уплотнении полостей сжатия. Благодаря этому в большинстве случаев типового применения можно обойтись без маслоотделителя вообще, либо поставить его меньшей емкости, что является прямой экономией в капитальных затратах. Но при этом следует учитывать, что масло циркулирует по всей системе. И его вязкость изменяется в зависимости от температуры. Скорость прохождения газа по системе изменяется в зависимости от температуры и нагрузки. При небольшой нагрузке скорость газа может быть недостаточной для возврата необходимого количества масла в компрессор. При этом только правильная конструкция трубопроводов обеспечит надежный возврат масла в компрессор из системы при всех рабочих условиях, включая и условия с минимальной (частичной) нагрузкой.

Вопрос о минимальном времени стоянки для спиральных компрессоров неактуален, поскольку пуск спиральных компрессоров *Copeland* всегда разгруженный и нет необходимости в дополнительной задержке по времени. Задержку при возникновении аварийных ситуаций могут давать соответствующие приборы защиты, о которых мы поговорим далее.

Что нужно сделать для достижения высокой эффективности и надежной работы установки в течение 10..15 лет ?

На нормальную, стабильную работу системы влияет конструкция всех компонентов и их правильный выбор. Одними из главных критериев выбора являются соответствие разных компонентов друг другу по производительности, показателям качества и надежности и минимальное суммарное гидравлическое сопротивление потоку всех холодильных компонентов вместе взятых.

Что делать для снижения гидравлического сопротивления ?

Например, использование фильтров, в составе которых имеется сетка с отверстиями меньше 0,6 мм², не рекомендуется. Тестирование в реальных рабочих условиях показывает, что **более мелкая** сетка фильтра для защиты TRV, капиллярных трубок, ресиверов, компрессоров может быстро засориться. Из-за большого сопротивления и, как следствие, падения расхода может перегреваться компрессор при возросшем коэффициенте рабочего времени.

При подборе фильтров/фильтров-осушителей для жидкого хладагента и для всасываемого газа следует выбирать такие модели, которые имеют наименьшее сопротивление потоку. Многие потребители в странах СНГ уже хорошо знают, что фильтры/фильтры-осушители Alco Controls по данному показателю являются одними из лидеров.

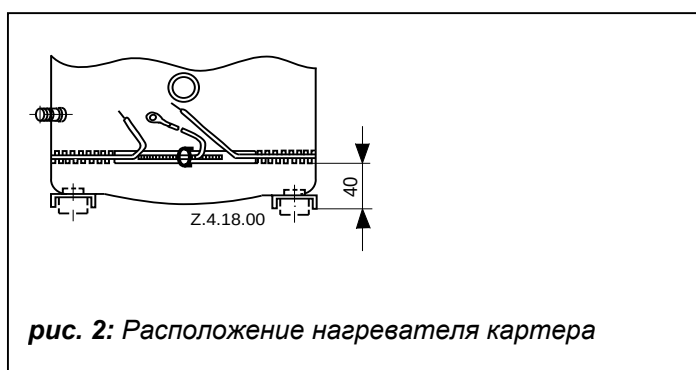
Выбирая запорные и соленоидные вентили также стоит обратить внимание на то, каким будет у данной модели сопротивление. Позиция Alco Controls, например, по запорным вентилям однозначна: самое низкое сопротивление имеют шаровые вентили. И т.д. и т.п.

Можно ли съэкономить, не устанавливая подогреватель картера ?

Можно, но часто на практике выходит так, что в итоге требуется замена «залитого» компрессора на новый. Иногда неоднократная замена.

Установка нагревателя необходима в обязательном порядке в трех случаях:

- При большой емкости системы по хладагенту (достаточно протяженные трубопроводы). Предельные значения указаны в инструкции по эксплуатации для каждого компрессора,
- При работе в низкотемпературных режимах, когда велика вероятность попадания жидкого хладагента в картер компрессора или когда компрессор является самой холодной частью системы,
- При установке на открытом воздухе.



При включении нагревателя, хладагент постоянно выпаривается из масла, что **позволяет обеспечивать подачу достаточного количества именно масляной смазки (а не масляной суспензии) на**

пары трения компрессора. На рис.4 показано правильное расположение нагревателя картера.

Нагреватель картера необходимо размещать под вентилем для заправки/слива масла, расположенным в нижней части корпуса. **При стоянке компрессора нагреватель картера должен продолжать работать непрерывно**, иначе остаточное количество жидкого хладагента из испарителя может попасть в компрессор со всем букетом вытекающих из этого проблем при последующем пуске.

Что помогает значительно увеличить ресурс пар трения и общий срок службы спирального компрессора Copeland ?

В реальных условиях запуск любого компрессора является критическим моментом для него, поскольку подшипники, воспринимающие начальные повышенные нагрузки, еще практически «сухие». От такой неприятности спиральные компрессоры *Copeland* хорошо защищены, поскольку в них установлены подшипники скольжения с тефлоновым покрытием, которое повышает ресурс пар трения на порядок. *Copeland* практически единственная в мире компания, применяющая такие подшипники.

Другая ситуация – много жидкого хладагента растворено в масле, и на смазку поступает масляная суспензия с пониженной вязкостью. Бронзовые и многие другие подшипники скольжения будут сильно изнашиваться, а тефлоновые – выдержат. Благодаря этой особенности **спиральные компрессоры Copeland для кондиционирования воздуха могут работать в условиях влажного пуска без применения нагревателей картера** (если количество хладагента в системе не превышает норму, указанную в инструкции по эксплуатации). Если нагреватель картера все-таки необходимо устанавливать, рекомендуется включить его за 12 часов до запуска компрессора. Это предотвратит разжижение масла хладагентом и избыточную нагрузку на подшипники при пуске, при этом срок службы тефлоновых подшипников будет еще выше.

Как «не залить» спиральный компрессор Copeland ? Полностью !!!

Для исключения возможности залива во время стоянки можно применять откачку остаточных паров хладагента из испарителя перед остановкой компрессора. Нагнетательный обратный клапан холодильных спиральных компрессоров обеспечивает достаточную герметичность и позволяет выполнять откачку без дополнительного внешнего обратного клапана.

Если компрессор длительное время не работает, жидкий хладагент может скапливаться в компрессоре, поэтому в картере необходимо установить нагреватель. Но, **если компрессор находится на открытом воздухе** (особенно при отрицательных температурах), **стандартный (!) нагреватель картера может быть недостаточно эффективным**. В этом случае без откачки не обойтись. Минимальная уставка реле низкого давления для холодильных компрессоров *Copeland* составляет 0 бар (избыточное).

Следует особо отметить, что в целом спиральный компрессор *Copeland* весьма толерантен к влажному ходу и частичному заливу жидким хладагентом со стороны всасывания в отличие от многих других компрессоров. Достигается это в том

числе за счет так называемого радиального согласования – еще одной специфической особенности конструкции, благодаря которой в некоторые моменты времени **при необходимости спирали могут отделяться друг от друга, открывая байпасные окна для несжимаемой среды** (жидкий хладагент либо механические загрязнения). Такой конструкции привода подвижной спирали не имеет ни один другой спиральный компрессор в мире (патент принадлежит *Copeland Corporation*).

Но при этом мы вынуждены сразу оговориться: **заливать полностью спиральный компрессор (даже *Copeland*) нельзя** ! Ведь жидкость несжимаема, а компрессор по своей сути не является жидкостным насосом. И фундаментальных законов физики мы не нарушаем.

Как обеспечивается надежность работы?

Следующая по важности группа вопросов, часто задаваемых на наших инженерных семинарах, касается защиты спиральных компрессоров. На эти вопросы обычно несложно отвечать, поскольку спиральные компрессоры *Copeland* оснащены одними из самых лучших систем защиты из используемых в современной холодильной технике.

Холодильные компрессоры *Copeland* подразделяются условно на две группы по мощности встроенного привода. Например, для ряд низкотемпературных компрессоров серии ZF в малую (первую) группу попадают модели с ZF09 по ZF18 (внутренний брэндинг: *Quantum* и *Quest*). В группу (вторую) более мощных компрессоров входят модели с ZF24 по ZF48 (внутренний брэндинг: *Specter*). Защитные приборы и механизмы у вышеуказанных двух групп серьезно отличаются друг от друга. Для компрессоров малой мощности используется более простая и экономичная система защиты, для мощных компрессоров – более сложная, надежная, но и, соответственно, более дорогая.

Тепловая защита малых компрессоров

Компрессоры первой группы оснащаются встроенной тепловой защитой типа *Klixon* и термостатом на нагнетательном трубопроводе.

При повышенных температурах нагнетания, вызванных экстремальными условиями эксплуатации (утечка хладагента или чрезмерно высокая степень сжатия) компрессор может выйти из строя вследствие перегрева и, в результате, ненадлежащей смазки пар трения.

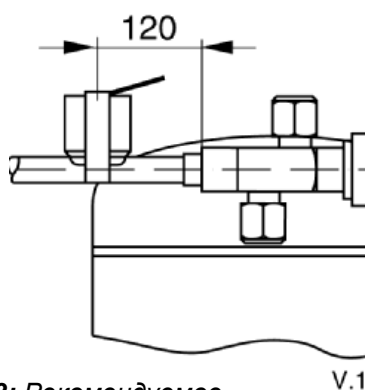


Рис. 3: Рекомендуемое расположение термостата на нагнетании.

Для защиты от таких неприятностей фирма *Copeland* рекомендует устанавливать термостат марки *Therm-O-Disc 37TJ31 X 1976E* (имеется в перечне стандартных аксессуаров) на линии нагнетания (см. рис.3).

Данный термостат имеет уставку защитного отключения при $99\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 4\text{ K}$ с дифференциалом $28 \pm 5\text{ K}$ и должен быть установлен на расстоянии 120 мм (приблизительно) от выхода из нагнетательного вентиля.

Чтобы избежать аварийных режимов работы из-за ошибочных показаний термостата, его необходимо

термически заизолировать, например, с помощью *Thermaflex* или подобного материала (рис. 3).

Для компрессоров серии ZB использование термостата на линии нагнетания необязательно. В этих моделях рядом с нагнетательным отверстием устанавливается внутренний термодиск. При открытии термодиска (в случае избыточного перегрева на стороне нагнетания) происходит байпас небольшого количества газа на сторону всасывания. В результате этого достаточно быстро электродвигатель отключается по встроенной тепловой защите *Klixon* (при $\sim 140^{\circ}\text{C}$) вследствие повышенного разогрева газа внутри компрессора перед повторным попаданием байпасного газа во в всасывающие полости спиралей. Внутренний термодиск открывается при $146^{\circ}\text{C} \pm 4^{\circ}\text{C}$ и обратно закрывается при $91^{\circ}\text{C} \pm 7^{\circ}\text{C}$.

Тепловая защита крупных компрессоров

Электронная система защиты, используемая в спиральных холодильных компрессорах с электродвигателями мощностью от 7,5 до 15,0 л.с. маркируется буквой "W", стоящей на втором месте в обозначении кода электродвигателя. В этой системе используется зависимость сопротивления термисторов от температуры (*PTC*-сопротивление), что позволяет определить собственно температуру обмотки. Цепочка из четырех термисторов, соединенных последовательно, размещена в обмотке электродвигателя так, чтобы температура термисторов соответствовала температуре обмотки. Электронный модуль тепловой защиты *INT 69 SCY* фирмы *Kriwan* (рис.4) требуется для контроля сопротивления и отключения контрольного реле в зависимости от сопротивления термисторной цепочки. Три термистора (по одному в каждой обмотке – эти компрессоры всегда 3-фазные), устанавливаемые в верхней части статора вблизи всасывающего патрубка, имеют настройку на предельную температуру $+140^{\circ}\text{C}$. Четвертый термистор размещается на статоре в нижней части, погруженной в масло, и имеет защитную настройку на $+80^{\circ}\text{C}$. Пятый термистор, размещенный непосредственно в нагнетательном окне неподвижной спирали (рис. 5) и являющийся нагнетательным термостатом, настроен на отключение компрессора при температуре свыше $+140^{\circ}\text{C}$. Все защитные термисторы соединены последовательно и подключены к контрольной цепи электронного модуля *INT 69 SCY* (в американских моделях компрессоров можно встретить также защитные модули других фирм, по сути выполняющие те же функции).

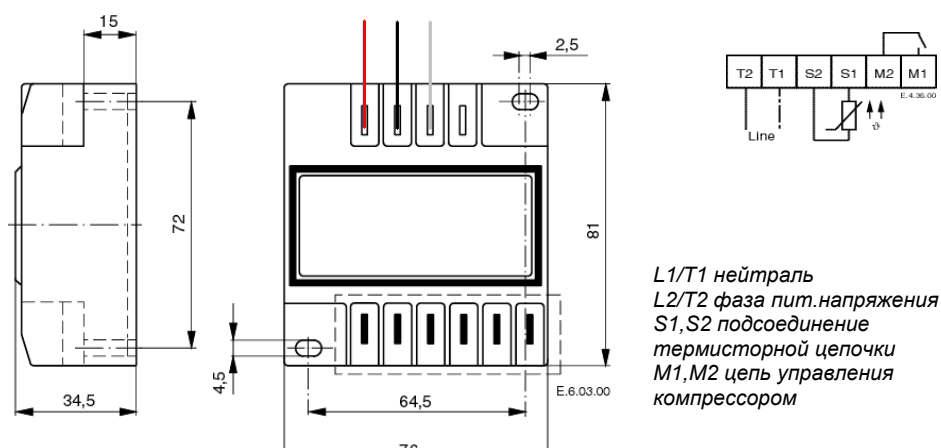


рис. 4 Электронный модуль защиты

Характеристики модуля защиты фирмы *Kriwan*:

Тип	INT 69 SCY
Напряжение питания	120/240 VAC
Стандартное сопротивление PTC	250-1000 Ом
Сопротивление при отключении	>4500 Ом
Сопротивление при повторном включении	<2750 Ом
Задержка повторного включения	30 мин ± 5 мин.
Контроль последовательности фаз:	Есть
Защита от противовращения/обрыва фаз	Есть

Когда суммарное сопротивление термисторной цепочки достигает величины отключения (при +80°C для одного и при +140°C для других), модуль размыкает цепь управления и отключает компрессор. После того, как цепь термисторов достаточно охладится, общее сопротивление падает до величины повторного включения, но сам модуль позволит запустить компрессор не ранее, чем через 30 мин.

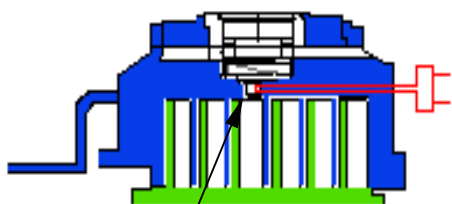


рис. 5 расположение термистора на нагнетании

Модуль *INT 69 SCY* также предусматривает контроль правильной последовательности фаз L1, L2, L3 питающего напряжения. Трехфазный источник питания должен быть подсоединен в соответствии с правильной последовательностью фаз, что обеспечит правильный пуск и работу компрессора. При

потере одной из фаз модуль *INT 69 SCY* отключает компрессор, активируя задержку по времени (5 мин). Если нормальное питание возобновляется, компрессор продолжает работать, если фазы нет, модуль продолжает блокировать повторное включение компрессора. После 10 попыток запустить компрессор, модуль блокирует включение компрессора, а повторно запустить его можно только при восстановлении подачи нормального электропитания.

По маркировке компрессоров *Copeland* легко можно определить, какой тип защиты используется в данном конкретном компрессоре.

Рассмотрим это на примере компрессора модели *ZF09K4E-TFD-551*. В обозначении типа электродвигателя компрессора «TFD» буква «F» указывает, что этот компрессор оборудован встроенной тепловой защитой типа *Klixon* (это также служит косвенным подтверждением, что это малый компрессор). Для сравнения возьмем самый мощный низкотемпературный спиральный компрессор серии *ZF* модели *ZF48K4E-TWD-551*. В обозначении типа электродвигателя компрессора «TWD» буква «W» указывает на то, что он оборудован термисторами в сочетании с внешним электронным модулем тепловой защиты.

Отчего спиральный компрессор сильнее шумит при пуске и остановке, чем при работе?

Спиральный компрессор может также быть и превосходным детандером, только при этом направление его вращения изменится на обратное до выравнивания давления. При остановке сжатый газ в нагнетательной полости внутри компрессора (между обратным клапаном в нагнетательном патрубке и нагнетательным отверстием неподвижной спирали), будет пытаться после

остановки «прорваться» обратно на сторону всасывания. При этом слышен характерный звук. Обратный динамический клапан в нагнетательном отверстии неподвижной спирали средне- и низкотемпературных компрессоров специально установлен для снижения интенсивности обратного вращения спирального блока. При исправном обратном динамическом клапане данный процесс занимает 1-2 секунды (на самом деле этот клапан намеренно не полностью герметичен; он всего лишь позволяет снизить скорость обратного проникновения сжатого газа на сторону всасывания). Это сопровождается весьма умеренным, так называемым «шелестящим» шумом. При этом небольшое обратное вращение спирального блока не оказывает влияния на надежность компрессора в целом и не приводит к его преждевременному выходу из строя. Все модели спиральных компрессоров *Copeland* имеют специальный механизм для снижения, но не полного устранения специфического звука при остановке. В случае, если при остановке слышен слишком сильный шум наподобие треска, встроенный обратный клапан был поврежден по причине неправильной эксплуатации (чрезмерный «залив» со стороны всасывания у средне-/низкотемпературных моделей либо со стороны линии впрыска только у низкотемпературных моделей). В этом случае иных проблем, кроме повышенного шума при остановке, не будет – компрессор продолжает сохранять свою полную работоспособность. Но излишний шум в данном случае безусловно неприятен.

При пуске спирального компрессора слышен металлический звук от соприкосновения спиралей в спиральном блоке. Дело в том, что при стоянке спирали в компрессоре *Copeland* (!) друг с другом не соприкасаются. И это является нормальным. Зачем это сделано, смотрите ниже.

Как правильно выбрать электрическую защиту ?

Многие заблуждаются в том, что модуль *INT 69 SCY* является электрической защитой. И поэтому пренебрегают внешней электрической защитой от значительных отклонений напряжения относительно официально допустимого диапазона $380V \pm 10\%$ (для большинства двигателей). Еще раз обращаем Ваше внимание, что ***INT 69 SCY* - это всего лишь тепловая защита, но с расширенными функциями** (в нем реализованы только некоторые виды электрической защиты). Поэтому в суровых условиях отечественных электросетей без дополнительного внешнего монитора напряжения скорее всего обойтись не удастся.

Конструкция спирального компрессора *Copeland* такова, что он всегда пускается разгруженным (в т.ч. благодаря тому, что спирали при пуске не соприкасаются друг с другом, и давления внутри компрессора на сторонах нагнетания и всасывания равны). Это позволяет заметно увеличить надежность и срок службы компрессоров. Приятным следствием этого является факт того, что пусковой ток спирального компрессора *Copeland* практически равен рабочему току. Если при пуске напряжение пониженное, существующая тепловая защита в принципе может успеть отключить компрессор – при пониженном напряжении будут повышенные токи и, соответственно, температура обмоток, которую контролирует *INT 69 SCY* (только для крупных компрессоров).

Где находятся самые горячие точки компрессора ?

В редких случаях, когда случается отказ отдельных компонентов системы, таких, как вентилятор конденсатора или испарителя, или происходит утечка хладагента,

температура верхнего кожуха (внутренняя зона нагнетания) и нагнетательного трубопровода может кратковременно, но неоднократно подниматься до 177°C. В этом случае тепловая защита циклически отключает / включает компрессор.

Следует внимательно следить за тем, чтобы провода или другие материалы, которые могут быть повреждены при нагревании, не прикасались к верхней части корпуса.

Как вакуумировать и «сушить» холодильную систему со спиральным компрессором?

Перед запуском установку необходимо вакуумировать только с помощью вакуум-насоса. Ни в коем случае нельзя вакуумировать самим компрессором, из-за большой вероятности возникновения электродуги в проходном контакте!



При правильно проведенном процессе вакуумирования уровень остаточной влаги не должен превышать 50 частей на миллион (для полиольэфирных масел). Хотя чаще всего на практике достигается уровень не лучше, чем 120...240 частей на миллион, что недопустимо для синтетического масла. Во время процедуры вакуумирования запорные всасывающий и нагнетательный клапаны на компрессоре остаются закрытыми. Рекомендуется установить сервисные клапаны (соответствующих размеров) на линиях всасывания и нагнетания в самой дальней точке от компрессора. Давление должно измеряться вакуумметрами, расположенными на этих сервисных клапанах, а не на вакуумном насосе. Это делается для того, чтобы избежать погрешности измерений, связанных с потерей давления на трубопроводах, ведущих к насосу. Такие клапаны можно также использовать для измерения рабочего давления на линиях всасывания и нагнетания и для настройки работы ТРВ. **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 повышенном давлении на плавающем уплотнении может произойти сцепление плавающего уплотнения со спиралью. Следовательно, до полного выравнивания давления плавающее уплотнение и спирали будут плотно прижаты друг к другу. Вакуумировать установку нужно до давления, не превышающего 0.3 мБар. При этом сухой воздух, которым заправляется на заводе компрессор для целей хранения и транспортировки, выпускается из него.

После испытания системы сухим азотом запорные клапаны на компрессоре открываются, и вся установка, включая компрессоры, снова вакуумируется.

Как заправить систему со спиральным компрессором без проблем ?

Существуют определенные тонкости и при заправке системы со спиральным компрессором. **Быстрая заправка со стороны всасывания спирального компрессора может привести к тому, что компрессор не будет временно (!) запускаться.** Причина этого в том, что при быстром повышении давления на стороне всасывания рабочие поверхности спиралей плотно «слипаются» между

собой из-за так называемого осевого согласования. Вследствие этого спирали останутся плотно прижатыми друг к другу до полного выравнивания давления.

Для предотвращения этого заправку следует проводить одновременно с обеих сторон медленно во избежание избыточной осевой нагрузки на спирали. Оптимальную скорость заправки Вы можете самостоятельно определить в процессе пусконаладки.

Правильно или нет подведены фазы ? В какую сторону крутится ротор ? Сжимает ли компрессор ?

И последний момент, который хотелось бы отразить в данной статье, касается направления вращения. Спиральные компрессоры сжимают газ только при вращении в одном, заданном направлении по аналогии с винтовыми и центробежными компрессорами. При подключении компрессоров с трехфазными электродвигателями (все крупные компрессоры) вращение может начаться с равной вероятностью в обоих направлениях, в зависимости от взаимной последовательности подключения фаз. Однако электронный модуль *INT 69 SCY* (устанавливается только на крупных моделях) не даст команду на включение компрессора в случае неправильного подключения фаз. Для моделей малой производительности (например, до ZF18) компрессор включится в любом случае, даже если коммутация фаз не соответствует нужному направлению вращения. В этом случае для того, чтобы убедиться в правильном направлении вращения, нужно понаблюдать за тем, как падает давление всасывания и растет давление нагнетания по манометрам при пуске компрессора. Другой эмпирический способ: проверить на ощупь, возрастает ли температура в верхней части кожуха (куда бьет струя горячего нагнетаемого газа, если вал компрессора вращается в заданном направлении, и сжатие происходит) по сравнению с температурой корпуса в районе картера. Если температура та же, поменяйте местами подвод к клеммнику двух любых фаз, и сжатие, наконец, начнется. То же самое следует сделать в моделях, где устанавливается *INT 69 SCY* – просто перекинуть две любые фазы.

Это лишь некоторые важные особенности эксплуатации холодильных спиральных компрессоров *Copeland*. Мы очень надеемся, что информация данной статьи поможет Вам при проведении пусконаладочных работ со спиральными компрессорами.

В заключение хочется еще раз обратить особое внимание уважаемых читателей на тот занимательный факт, что ...

Не все спиральные компрессоры одинаковы !

Доказательством такого нашего мнения может служить нижеприведенные сравнительные таблицы спиральных компрессоров *Copeland* против оборудования других типов, а также против других конструкций спиральных компрессоров, получивших в настоящее время достаточно заметное распространение в мире.

Сравнение с другими типами компрессоров

Таблица 1

Низкотемпературные спиральные компрессоры <i>Copeland</i>	Другие типы компрессоров любых известных мировых производителей
Высокий коэффициент подачи и холодильный коэффициент в оптимальной для данного модельного ряда области давлений (температур) кипения в сочетании с обычными давлениями (температурами) конденсации => при одинаковой холодопроизводительности потребляемая мощность ниже	Большинство поршневых герметичных и полугерметичных (кроме моделей ряда <i>Copeland Discus</i>), ротационных, винтовых и центробежных компрессоров имеют худшие показатели ввиду одного или нескольких нижеприведенных факторов: «мертвый» объем, потери в клапанах, большие внутренние тепловые потери, высокий КПД только в относительно узкой области степеней сжатия и т.п. => при одинаковой холодопроизводительности потребляемая мощность выше
Возможность применения одной модели в широком диапазоне температур кипения от минус 40°C до +7°C (для R22 или R404A) => для различных прикладных задач требуется только один тип модели (низкотемпературный!) => оптимизация складских запасов : меньше моделей, больше оборачиваемость	Большинство других типов компрессоров имеют четкое деление на низко- и среднетемпературные модели => для различных задач требуется несколько разных типов моделей (2 или даже 3 типа!) => складские запасы слишком велики
Нет необходимости защищать двигатель низкотемпературного компрессора при работе при высоких давлениях (температурах) кипения => не требуется ТРВ с функцией МОР => технологические задачи решаются гораздо быстрее за счет быстрого наполнения испарителя в период пуска компрессора и выхода на безопасный режим работы (например, заморозка продукта пройдет намного быстрее; готовый продукт будет более качественным)	В связи с относительно низкой мощностью привода низкотемпературных поршневых компрессоров требуется искусственное ограничение максимального давления (температуры) кипения, которое обычно реализуется с помощью ТРВ с функцией МОР => требуется ТРВ с функцией МОР => в связи с малой подачей хладагента в испаритель до момента достижения предельно максимального давления кипения (индивидуально для каждого компрессора) холодильная (морозильная) установка выходит на заданный режим очень медленно => потери качества замороженной продукции в связи с нарушением скорости заморозки
Пусковой ток практически не отличается от рабочего (компрессор пускается полностью внутренне механически разгруженным) => пусковая нагрузка на электросеть минимальна => контакты компрессора могут иметь меньшую мощность , а защитный электроавтомат должен быть (!) менее мощным	Другие типы компрессоров имеют повышенный либо очень высокий пусковой ток даже при применении устройств механической разгрузки => высокая пусковая нагрузка на электросеть => неблагоприятное влияние на соседних электропотребителей; требуется более мощная электроустановочная аппаратура
Спиральный компрессор <i>Copeland</i> имеет один из лучших показателей по степени уноса масла в систему – одно из самых низких значений => во многих прикладных случаях применение маслоотделителя и других сложных компонентов системы смазки не требуется	Унос масла в большинстве поршневых компрессоров (кроме моделей с вентилирующим клапаном в картере, например, для <i>Copeland</i> – модельные ряды Discus или S-серия) выше, а у винтовых в несколько раз выше => дополнительно обязательно требуются дорогостоящие компоненты системы масловозврата (а иногда и охлаждения), система управления установкой усложняется, а ее надежность снижается
Возможность временной работы в условиях прерывистой (обедненной) благодаря тефлоновым подшипникам скольжения =>	Почти все другие компрессоры в мире (кроме модельных рядов Discus или S-серии у <i>Copeland</i>), в которых применяются подшипники скольжения,

высокий рабочий ресурс даже в тяжелых условиях эксплуатации (например, пониженная вязкость вследствие высокой температуры масла либо большого количества растворенного хладагента; прерывистый (порционный) самовозврат масла в компрессор)	имеют бронзовое либо подобное покрытие (баббиты и т.п.) в парах трения => при ненадлежащих условиях смазки повышенный износ пар трения => быстрый выход из строя компрессора
Высокий коэффициент подачи на протяжении всего срока службы вследствие свободного, самоподстраивающегося уплотнения между спиралями – <i>радиальное согласование</i> => неизменная холодопроизводительность	У большинства типов компрессоров коэффициент подачи снижается по мере эксплуатации компрессора по причине износа сопрягаемых деталей в полостях сжатия => пониженная холодопроизводительность в конце нормативного срока эксплуатации
Повышенная устойчивость к «влажному ходу» благодаря <i>радиальному согласованию</i>	Низкая устойчивость к «влажному ходу» у всех типов компрессоров (включая спиральные модели, где отсутствует <i>радиальное согласование</i>), кроме винтовых
Высокая устойчивость к механическим загрязнениям благодаря <i>радиальному согласованию</i>	Попадание механических частиц в зону сжатия практически всегда приводит к выходу из строя любых типов компрессоров , включая спиральные модели без <i>радиального согласования</i>

Сравнение с другими видами спиральных компрессоров

Таблица 2

Спиральные компрессоры <i>Copeland</i>	Другие спиральные компрессоры
Имеется наиболее полная линейка спиральных компрессоров, включая низкотемпературные модели до минус 40 °С кипения: * кондиционирование (R22, R134a, R407C) ZR * кондиционирование (R410A) ZP * высокотемпературные тепловые насосы ZH * высоко- и среднетемпературное охлаждение / чиллеры ZB * среднетемпературное охлаждение ZS * низкотемпературное охлаждение ZF * сверхнизкотемпературное (криогенное) охлаждение ZC * горизонтальные модели: • ZBH – высоко- и среднетемпературное охлаждение • ZSH – среднетемпературное охлаждение • ZFH – низкотемпературное охлаждение * модели со ступечатым и бесступенчатым регулированием производительности	Большинство из фирм, выпускающих спиральные компрессоры, имеют в своем арсенале лишь модели для кондиционирования (в крайнем случае, для среднетемпературного холода), т.к. низкотемпературные модели слишком сложны и требуют радикального изменения внутренней конструкции
Имеется внутренняя механическая защита спиралей от перегрузки: • средне- и температурные модели ZS и ZF – при превышении соотношения давлений нагнетания/всасывания 20:1 • высоко- и среднетемпературные модели ZR и ZB – при превышении соотношения давлений нагнетания/всасывания 10:1 благодаря осевому согласованию	У большинства производителей механическая защита самих спиралей от перегрузок отсутствует (отсутствует осевое согласование) => возможно разрушение спиралей при перегрузке
При пуске спирали не касаются друг друга своими боковыми поверхностями (благодаря осевому согласованию) =>	Большинство спиральных компрессоров имеют конструкцию с жестко фиксированной траекторией движения вращающейся спирали (отсутствует

разгруженный пуск => повышенный моторесурс и пониженное энергопотребление	осевое согласование) => пуск под нагрузкой => повышенное энергопотребление
Прямой контакт между спиралями в торцевом направлении без применения торцевых прокладок => высокий ресурс и возможность работы при высоких степенях сжатия	Многие производители применяют торцевые прокладки для обеспечения надлежащего уплотнения => пониженный срок службы и трудности в работе с большими перепадами давления (низкотемпературные режимы)

Спиральные компрессоры *Copeland* Вы можете приобрести у наших официальных дистрибьюторов.

В Москве (Россия):		
«АГРО-3» тел.+7 095 7212077	«ПТФ КРИОТЕК» тел.+7 095 2801446	«ТОО ПРОМХОЛОД» тел.+7 095 7859595
«ЕВРОХОЛОД» тел.+7 095 7271008	«МОРЕНА» тел.+7 095 4857101	«РОСХОЛОД» тел.+7 095 1719006
В С.-Петербурге (Россия):	«СПС-ХОЛОД» тел.+7 812 3255794	
В Новосибирске (Россия):	«СИБХОЛОД» тел.+7 3832 480827	
В Калининграде (Россия):	«ПЕРЕХОД» тел.+7 0112 472511	
В Киеве (Украина):	«СТОП ЛТД.» тел.+38 044 2285785	«АПЕКС» тел.+38 044 5532479
В Харькове (Украина):	«ИНСОЛАР» тел.+38 0572 175332	
В Алматы (Казахстан):	«САКАДА ЛТД.» тел.+7 3272 729703	
В Павлодаре (Казахстан):	«ОАЗИС» тел.+7 3182 759788	
В Минске (Беларусия):	«БЕЛФРИТЕКС» тел. +37517 2263159	