



Система SIC для поршневых компрессоров «Битцер»

Дмитрий КОРНИВЕЦ,
представитель «Битцер СНГ» в Санкт-Петербурге

Так как в России применение R22 разрешено до 2020 г., компания «Битцер» продолжает производство и поставки на российский рынок компрессоров для работы на этом проверенном многими десятилетиями хладагенте. Очень удобный в обращении азеотропный хладагент R22 обладает более высокой удельной холодопроизводительностью и холодильным коэффициентом (COP) по сравнению с другими общеупотребимыми сегодня хладагентами, но его термодинамические свойства требуют привнесения в конструкцию компрессоров специальных опций. Высокий показатель адиабаты R22 и, как следствие, высокая температура нагнетания являются негативным фактором, особенно при высокой степени сжатия, т.е. при низких температурах кипения. Если в средне- и высокотемпературных холодильных системах, а также в системах кондиционирования воздуха на R22 работают обычные компрессоры без каких-либо специальных приспособлений, то для низкотемпературного применения поршневые и винтовые компрессоры на R22 должны оснащаться различными устройствами, обеспечивающими контроль и ограничение температуры нагнетания в пределах технически допустимых значений. Кроме того, в низкотемпературных установках на R22 появляется проблема термостойкости масла. Ввиду того что при работе компрессора масло вместе с хладагентом подвергается постоянному нагреву до высокой температуры, возникает опасность кислотообразования в нем и омеднения внутренних поверхностей холодильного контура. Поэтому для нормальной работы поршневых, спиральных и различного типа винтовых компрессоров «Битцер» на R22 предусмотрены специальные полусинтетические и синтетические холодильные масла. Поршневые компрессоры «Битцер» имеют еще и конструктивные особенности, позволяющие эксплуатировать их с различными хладагентами и на разных температурных режимах (в том числе с R22 в низкотемпературном диапазоне).

Оптимальным для холодильных установок, работающих при очень низких температурах кипения, является двухступенчатое сжатие с промежуточным охлаждением, обеспечивающее максимальную энергоэффективность и безопасность оборудования. Оно реализуется путем применения либо двух разделенных ступеней сжатия (бустер-компрессор, охлаждение газа в промежуточном коллекторе, а затем основной компрессор), либо двухступенчатых компрессоров (обе ступени сжатия с промежуточным охлаждением осуществляются в едином корпусе).

Тем не менее в большинстве случаев, особенно в коммерческом холоде, в низкотемпературных холодильных установках с температурой кипения -20°C и ниже используются одноступенчатые поршневые компрессоры, работающие, как правило, на R22. Поршневым компрессорам «Битцер» в этом случае требуется определенное дооснащение.

В поршневых компрессорах «Битцер» малой производительности серий Octagon C1, C2 и C3 (кроме 4CC) для нормальной работы в низкотемпературных установках на R22 перед вводом в эксплуатацию необходимо переустановить дефлектор системы VARICOOL из предустановленного на заводе-изготовителе положения SL(A) в положение SL(B). Для этого нужно ослабить затяжку болтов крепления всасывающего вентиля и развернуть выглядывающие из-под его фланца края дефлектора на 180° . В результате поток всасываемого компрессором пара сразу направляется в цилиндры на сжатие, минуя обмотки электродвигателя, от которых пар может дополнительно перегреваться, что приведет к значительному росту температуры нагнетания.

Но даже после изменения направления всасываемых паров при высоких температурах конденсации корпус компрессора требует дополнительного охлаждения, которое осуществляется либо водой, протекающей в крышках головок цилиндров специального исполнения, либо воздушным потоком от дополнительного вентилятора обдува головок (или от вентиляторов конденсатора,

если компрессор интегрирован в компрессорно-конденсаторный агрегат).

При эксплуатации в низкотемпературном диапазоне на R22 более мощных четырех- и шестицилиндровых поршневых компрессоров «Битцер» серий С4, В5 и В6, у которых система VARICOOL отсутствует, контроль и ограничение температуры нагнетания обеспечиваются комбинированным применением вентилятора обдува головок цилиндров и специальной системы охлаждения, производящей управляемый электроникой дозированный впрыск жидкого хладагента в полость перед входом в цилиндры компрессора.

Эта система имеет официальное обозначение **CIC**[®]-System, т.е. Controlled Injection Cooling (охлаждение посредством контролируемого впрыска).

* * *

Основное эксплуатационное преимущество системы CIC по сравнению с ТРВ впрыска заключается в отсутствии необходимости какой-либо настройки ее элементов. Все параметры «защиты» в память электроники, и любые их переустановки (в том числе и несанкционированные, проводимые случайными лицами) абсолютно невозможны.

Система CIC (рис. 1), основное назначение которой состоит в проведении непрерывного контроля температуры нагнетаемого газа, включает следующие основные элементы: электронный управляющий модуль 2, датчик температуры 3 и импульсный электромагнитный клапан впрыска



Рис. 1. Поршневой компрессор «Битцер», оснащенный системой CIC и вентилятором дополнительного охлаждения:

1 – компрессор; 2 – электронный управляющий модуль; 3 – датчик температуры РТ1000; 4 – форсунка впрыска жидкого хладагента; 5 – импульсный электромагнитный клапан впрыска; 6 – дополнительный трубопровод жидкого хладагента; 7 – дополнительный вентилятор

5. В случае, если датчик температуры 3 покажет превышение максимально допустимой температуры нагнетания (120 °С), электронный управляющий модуль 2 выдает команду импульсному клапану 5, который осуществляет дозированный впрыск жидкого хладагента через специальные калиброванные форсунки 4 в полость перед входом в цилиндры компрессора.

Жидкий хладагент, который впрыскивается во всасываемый поток газа, уже значительно перегретого в электродвигателе компрессора, обеспечивает охлаждение стенок цилиндров, а также снижение температуры нагнетания. При уменьшении температуры нагнетания до значений ниже 110 °С впрыск прекращается и возобновляется опять, когда это потребуется.

Если впрыска жидкого хладагента недостаточно для охлаждения (при каких-то чрезвычайных условиях работы), электронный управляющий модуль системы CIC отключает компрессор в целях обеспечения его безопасности и выдает сообщение об аварийном останове.

Несмотря на высокую надежность и эффективность этой системы, область допустимого применения поршневых одноступенчатых компрессоров с системой CIC значительно уже, чем двухступенчатых компрессоров сопоставимой мощности, ввиду того, что при проведении впрыска жидкого хладагента в полость перед входом в цилиндры компрессора возникает ряд нежелательных моментов.

При значительном расходе впрыскиваемого жидкого хладагента (обусловленном повышенными потребностями в охлаждении) существует опасность, что не полностью испарившийся хладагент, попадая в цилиндры, начнет смывать со стенок масляную пленку, а это может привести к ускоренному износу как стенок цилиндров, так и рабочих поверхностей поршней и поршневых колец.

Более того, при таком режиме эксплуатации компрессора ощутимо снижается расход хладагента по контуру холодильной установки, что влечет за собой снижение холодопроизводительности, а также снижение общего COP установки.

Чтобы обеспечить как можно более высокие показатели эффективности в сочетании с максимальной надежностью работы компрессора, оснащенного системой CIC, необходимо обеспечить стабильный режим работы установки с плавным ростом рабочих параметров, особенно температуры нагнетания, причем превышение его допустимого значения, при котором включается CIC, должно носить эпизодический характер.

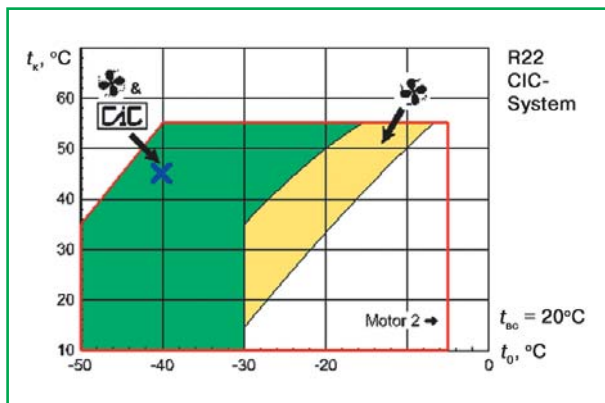


Рис. 2. Границы области допустимого применения поршневых компрессоров «Битцер» серий С4, В5 и В6 на R22 с системой С1С

Несмотря на то, что теоретическая минимальная температура кипения для поршневого одноступенчатого компрессора с С1С составляет $-45...-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис. 2), а максимально допустимая температура всасываемых паров лежит в интервале $20...25\text{ }^{\circ}\text{C}$, его работа в таком режиме чрезвычайно неэффективна и даже рискованна.

По возможности следует обеспечивать перегрев паров на входе в компрессор при установленном режиме работы не ниже (но и не выше!) $7...10\text{ K}$; температура кипения не должна быть ниже $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$, а температура конденсации не должна превышать $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$. При таких параметрах впрыск жидкого хладагента будет производиться эпизодически, и его отрицательное влияние на холодопроизводительность и холодильный коэффициент, а также опасность преждевременного износа компрессора будут сведены к минимуму.

Структура холодильного контура холодильной установки с поршневым компрессором «Битцер», оснащенной системой С1С, остается такой же, что и у холодильной установки с обычным компрессором. Единственное отличие установки на базе компрессора с С1С заключается в наличии дополнительного трубопровода жидкого хладагента, соединяющего жидкостную линию с импульсным электромагнитным клапаном

впрыска 5 (рис. 3). Оптимальный диаметр этого трубопровода 10 мм ($3/8''$).

Чтобы гарантированно обеспечить отсутствие пены и отдельных паровых пузырей в потоке жидкого хладагента, подаваемого в клапан 5, врезка дополнительного трубопровода в основной жидкостный трубопровод должна производиться снизу на горизонтальном участке последнего.

Для предохранения импульсного электромагнитного клапана впрыска 5 и форсунок 4 от засорения на трубопроводе подачи в него жидкого хладагента должен быть установлен фильтр тонкой очистки 8, а для визуального контроля сплошности потока жидкого хладагента в этот трубопровод встраивается смотровой глазок 7.

При проектировании, а также при монтаже и настройках рабочих параметров низкотемпературных холодильных установок на R22 с поршневыми компрессорами «Битцер», оснащенные системой С1С, необходимо соблюдать следующие правила:

- линия всасывания должна быть надежно теплоизолирована, а ее длина должна быть минимальной;
- теплообмен между всасываемыми парами и более нагретым телом, например сконденсированным хладагентом, должен быть исключен;
- потери давления в трубопроводах и элементах холодильного контура должны быть минимальными;

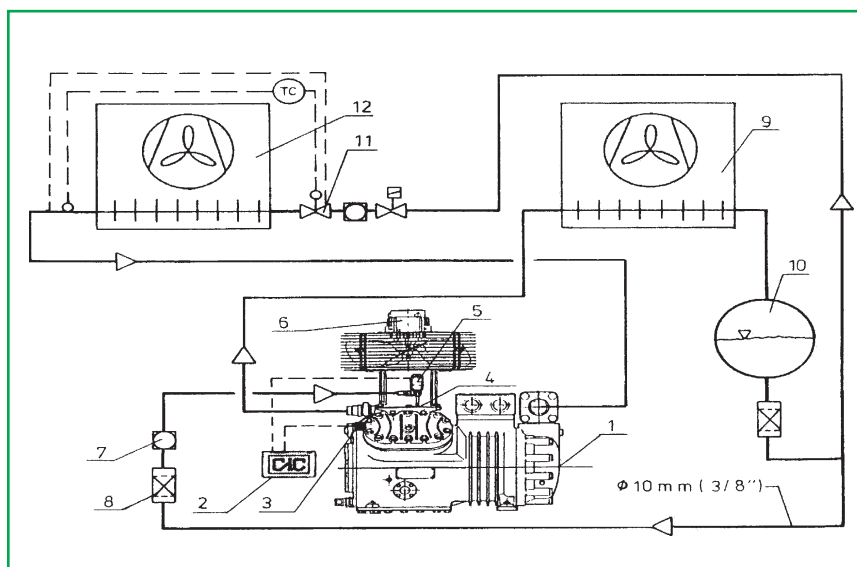


Рис. 3. Принципиальная схема холодильного контура с одноступенчатым поршневым компрессором, оснащенной системой С1С: 1 — компрессор; 2 — электронный управляющий модуль; 3 — датчик температуры нагнетания; 4 — форсунка впрыска жидкого хладагента; 5 — импульсный электромагнитный клапан впрыска; 6 — дополнительный вентилятор обдува головок цилиндров; 7 — смотровой глазок; 8 — фильтр тонкой очистки; 9 — конденсатор; 10 — жидкостный ресивер; 11 — терморегулирующий вентиль (ТРВ); 12 — испаритель



Рис. 4. Поршневые двухступенчатые компрессоры «Битцер», оснащенные системой CIC

- должна поддерживаться минимально возможная разность температур кипения и конденсации;
- регулирование давления и температуры конденсации должно осуществляться плавно, при этом должна поддерживаться самая низкая допустимая температура конденсации;
- категорически не допускается одновременное включение клапана регулятора производительности компрессора и импульсного электромагнитного клапана впрыска системы CIC!

Как правило, поршневые компрессоры «Битцер» оснащаются всеми элементами системы CIC на заводе-изготовителе, но можно и отдельно заказать комплект системы CIC и дооснастить им какой-то имеющийся на складе поршневой компрессор.

В официальной технической информации «Битцер» КТ-130-1 «CIC System (Single Stage Recip. Compressors)» даны детальные указания по установке всех элементов системы CIC на одноступенчатые поршневые компрессоры «Битцер», а также приведены принципиальные схемы электрических подключений.

* * *

Не менее эффективным является применение системы CIC и на *двухступенчатых поршневых компрессорах «Битцер»* (рис. 4), работающих в низкотемпературных установках как на традиционном хладагенте R22, так и на относительно новом для российского рынка, перспективном ГФУ-хладагенте R410A. Но с учетом пока ограниченного опыта применения R410A в низкотемпературных установках (t_0 до -80°C) с типовыми двухступенчатыми компрессорами «Битцер» их расчет и подбор, а так-

же рекомендации по подбору других компонентов установки производятся специалистами Bitzer SE по запросу.

В двухступенчатых компрессорах применение системы CIC является альтернативой использованию механических ТРВ впрыска и ТРВ переохладителя. Комплект системы CIC для двухступенчатых компрессоров дополнен еще одним датчиком температуры РТ1000, который устанавливается в гнездо на задней торцевой крышке компрессора. Он предназначен для измерения температуры газа в так называемом промежуточном объеме, образованном промежуточным патрубком, моторным отсеком и картером компрессора. При работе компрессора в этот объем поступает газ, сжатый в цилиндрах первой ступени до промежуточного давления. Его температура ограничивается либо впрыском в промежуточный объем жидкого хладагента, либо смешиванием его с холодными парами, поступающими в промежуточный объем из переохладителя. По показаниям дополнительного датчика температуры электронным управляющим модулем контролируется и перегрев паров в переохладителе.

Таким образом, электронный управляющий модуль CIC двухступенчатого компрессора получает показания датчиков температуры нагнетания и в первой, и во второй ступени сжатия. При превышении допустимого значения температуры нагнетания в любой ступени электронный управляющий модуль выдает команду на включение импульсного электромагнитного клапана, через который осуществляется впрыск жидкого хладагента либо непосредственно в промежуточный патрубок компрессора, либо в переохладитель, если компрессорный агрегат оснащен таким теплообменником.

Если переохладителя в системе нет, а температура кипения не очень низкая (не ниже -30°C) и перегрев всасываемых паров невысок, то установка второго датчика температуры в промежуточный объем не обязательна. Многие ведущие европейские OEM-компании не ставят его на двухступенчатые компрессоры «Битцер» в своих установках, если в них нет переохладителей.

В официальной технической информации «Битцер» КТ-131-1 «CIC System (2-Stage Recip. Compressors)» даны детальные указания по установке всех элементов системы CIC на двухступенчатые поршневые компрессоры «Битцер», а также приведены принципиальные схемы электрических подключений.