



## Повышение эффективности холодильных установок с компрессорами «Битцер»\*

**Д.В.КОРНИВЕЦ**, представитель  
БИТЦЕР СНГ в Санкт-Петербурге

### Переохлаждение в установках с винтовыми компрессорами «Битцер»

Благодаря конструкционным особенностям винтовых компрессоров холодильные установки на их базе наиболее приспособлены для применения переохлаждения. Давление нагнетаемых паров хладагента возрастает вдоль винтовой пары по направлению от всасывания к нагнатию. В корпусе винтового компрессора на боковой поверхности есть еще один специальный порт всасывания (ЭКО-порт, или порт экономайзера), расположенный в том месте по длине винтов, где достигается промежуточное давление (рис. 9)\*\* — аналогично системам с двухступенчатым сжатием.

Это позволяет при применении одноступенчатых винтовых компрессоров в холодильных установках (особенно низкотемпературных с большим перепадом рабочих давлений) добиться значительно повышения холодопроизводительности аналогично тому, как это осуществляется в установках с двухступенчатым сжатием и переохлаждением.

Схема установки с винтовым компрессором и экономайзером (рис. 10) аналогична схеме установки с поршневым двухступенчатым компрессором (см. «Холодильная техника» № 8/2011). На жидкостном трубопроводе между ресивером и ТРВ испарителя ус-

танавливается теплообменник-переохладитель, в котором жидкий хладагент переохлаждается кипящими в переохладителе хо-

лодными парами этого же хладагента, расширенного специальным ТРВ. После переохладителя перегретые пары (рекомендуется перегрев на 7...10 К) поступают в порт промежуточного давления (порт экономайзера) в винтовом компрессоре. Диаграмма циклов рассмотренной установки приведена на рис. 11.

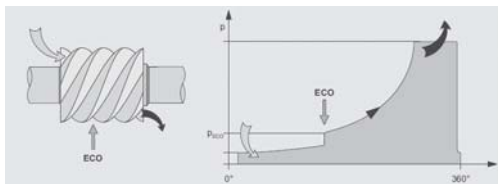


Рис. 9. ЭКО-порт в винтовом компрессоре

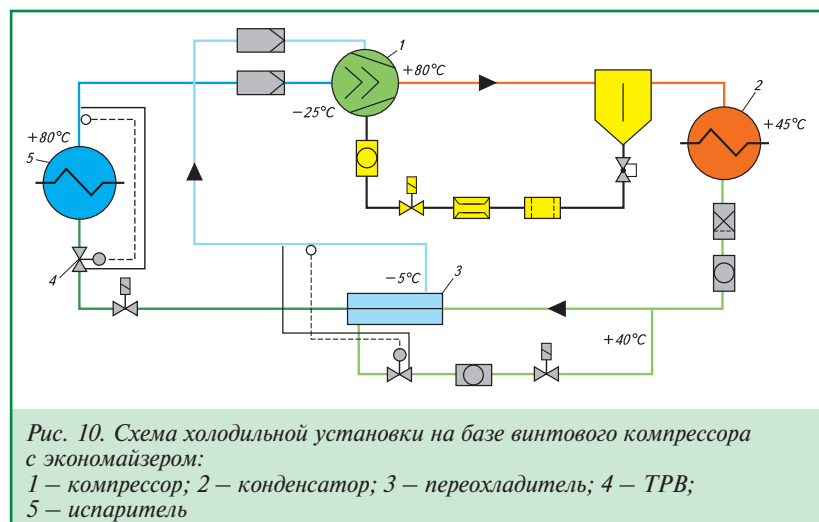


Рис. 10. Схема холодильной установки на базе винтового компрессора с экономайзером:  
1 — компрессор; 2 — конденсатор; 3 — переохладитель; 4 — ТРВ; 5 — испаритель

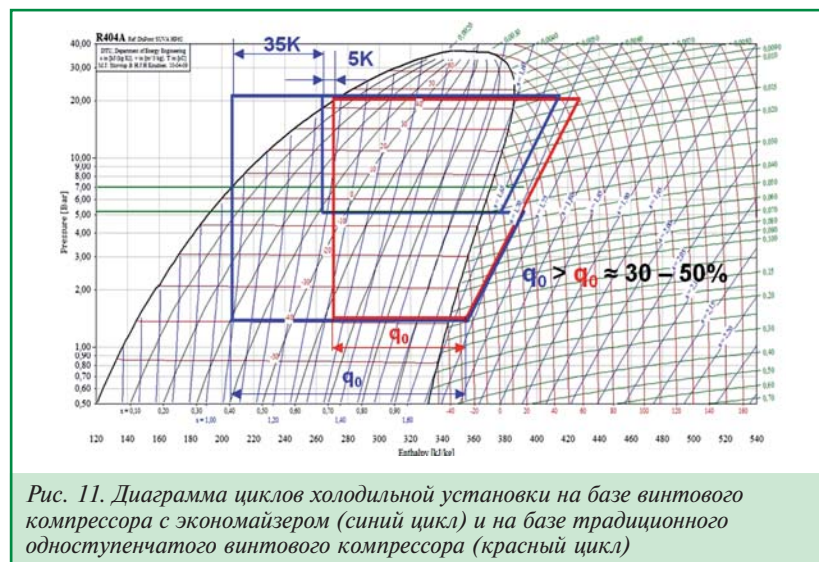


Рис. 11. Диаграмма циклов холодильной установки на базе винтового компрессора с экономайзером (синий цикл) и на базе традиционного одноступенчатого винтового компрессора (красный цикл)

\* Продолжение. Начало см.

«Холодильная техника» № 8/2011.

\*\* Нумерация рисунков сквозная по всей статье.

Расчет винтовых компрессоров «Битцер» с экономайзером производится по программе подбора оборудования Bitzer Software. Основные параметры, используемые в расчетах, согласованы со стандартом EN12900. Температура переохлажденного жидкого хладагента  $t_{cu}$  должна быть на 10 К выше температуры кипения в переохладителе  $t_{ms}$ . При расчетах по программе можно также ввести и индивидуальные значения переохлаждения, но при  $t_{cu} - t_{ms} < 10$  К обеспечить стабильное переохлаждение затруднительно.

Более того, следует иметь в виду, что в реальных установках после конденсатора обязательно должно быть обеспечено переохлаждение, по крайней мере, на 2 К на входе в переохладитель, чтобы не допускать возможности окончательного завершения в нем процесса конденсации.

Применение схемы с экономайзером позволяет не только увеличить холодопроизводительность винтового компрессора и всей установки, но и улучшить газодинамические процессы сжатия в самом компрессоре (рис. 12).

При компоновке холодильной установки на базе винтовых компрессоров с экономайзерами необходимо учитывать следующие основные требования.

✓ Переохладитель / промежуточный ресивер жидкого хладагента желательно располагать на раме ниже компрессора, чтобы избежать обратного протока масла или жидкого хладагента в компрессор во время его остановки.

✓ Так как на переходных режимах, а также в период работы компрессора с выключенным экономайзером некоторое количество масла может из винтовых профилей через ЭКО-порт попасть в ЭКО-патрубок, для предотвращения попадания масла в переохладитель (и его внутреннего загрязнения) ЭКО-патрубок должен иметь колено, расположенное выше ЭКО-порта минимум на 15...20 см и выполняющее функцию гидрозатвора (рис. 13).

✓ Так как ЭКО-порт напрямую ведет к винтовым профилям, для защиты компрессора на ЭКО-патрубке должен быть установлен фильтр тонкой очистки (максимальный размер ячейки фильтрации 25 мкм).

✓ Для изготовления непротяженных по длине ЭКО-патрубков рекомендуется использовать трубы следующих диаметров:

Марка компрессора	Диаметр трубы
OS. / HS. 53	18 мм ( $3/4"$ )
OS. / HS. 64...74, а также CS. 65...75	22 мм ( $7/8"$ )
OS. / HS. 85, а также CS. 85	28 мм ( $1\frac{1}{8}"$ )
CS. 95	35 мм ( $1\frac{3}{8}"$ )

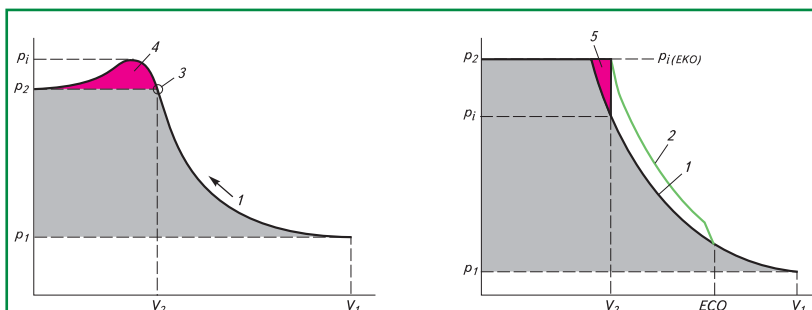


Рис. 12. Диаграмма  $p-v$  процессов сжатия :

1 — сжатие в одноступенчатом винтовом компрессоре; 2 — сжатие в винтовом компрессоре с экономайзером (с большим перепадом рабочих давлений); 3 — давление в нагнетательном порту при идеальном сжатии; 4 — потери вследствие избыточного сжатия (пересжатие); 5 — потери вследствие недостаточного сжатия (недосжатие) в одной ступени без экономайзера;  $p_1$ ,  $p_2$ ,  $p_i$  — давление всасывания, нагнетания и внутреннего сжатия соответственно

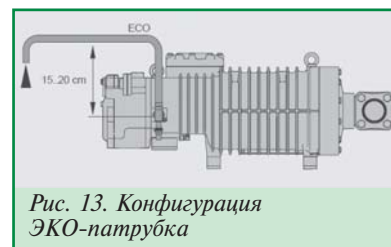


Рис. 13. Конфигурация ЭКО-патрубка

Причем для полугерметичных и открытых винтовых компрессоров последних серий (OS. / HS. 85), а также для компактных винтовых компрессоров всех серий CS поставляются специальные ЭКО-адаптеры с шумоглушителями и запорными вентилями. Артикулы для специального заказа этих узлов указаны в соответствующих разделах руководств по проектированию винтовых компрессоров «Битцер» SH-110 и SH-170. Кроме того, для компрессоров серий OS. / HS. 85 ЭКО-адаптеры поставляются с ЭКО-патрубком, имеющим высокое колено.

В качестве переохладителей в подавляющем большинстве установок используются пластинчатые медно-паяные теплообменники. Но возможно применение и теплообменников других типов: пластинчатых разборных, змеевиковых, коаксиальных («труба в трубе») и др.

В установках с винтовыми компрессорами аналогично установкам с двухступенчатыми поршневыми компрессорами возможно применение как индивидуальных переохладителей для каждого компрессора (рис. 14), так и одного общего переохладителя для всех компрессоров (рис. 15).

При проектировании многокомпрессорных центральных с общим переохладителем следует обязательно устанавливать на общий для всех компрессоров отрезок трубопровода всасывания из переохладителя клапан-регулятор давления «до себя» EPR (рис. 16, поз. 6). Он должен поддерживать стабильное давление кипения в переохладителе и быть настроен на давление немного ниже давления кипения в переох-



Рис. 14. Централь компании «Эйркул» с индивидуальными переохладителями для каждого компрессора



Рис. 15. Централь компании «АМО-Холод» с общим переохладителем

ладителя, получаемого при полной нагрузке, т.е. при 100%-ной производительности централи. При правильной настройке регулятора обеспечивается стабильное поддержание постоянной температуры переохлаждения жидкого хладагента при различных нагрузках на централь.

Более того, для стабильного функционирования общего переохладителя при работе различного числа компрессоров и/или при использовании в централи компрессоров различной холодопроизводительности необходимо провести корректный подбор терморегулирующих вентилей, которые должны обеспечивать соответствующую холодопроизводительность централи как при полной нагруз-

ке, так и на всех ступенях ее регулирования. Возможно применение как электронных, так и механических ТРВ (причем не одного, а нескольких). Например, в установке с тремя одинаковыми винтовыми компрессорами и одним общим переохладителем на ЭКО-линии устанавливаются два механических ТРВ разной холодопроизводительности. Когда работает один компрессор, задействуется (через соленоид) меньший ТРВ, когда работают два компрессора — больший, при работе всех трех компрессоров — оба ТРВ.

Включение экономайзера после запуска винтового компрессора осуществляется либо реле давления, настроенным на давление, близкое к расчетному давлению

всасывания, либо реле времени через 1 мин после пуска компрессора. За это время компрессор в нормально функционирующей установке должен выйти на расчетный режим работы.

На включение экономайзера есть ограничения, связанные с регулированием производительности винтовых компрессоров «Битцер» серий OS. / HS. 53...64...74. При ступенчатом регулировании производительности компрессоров этих типов регулирующие клапаны изменяют эквивалентную рабочую длину пары винтовых профилей. Так как ЭКО-порт этих компрессоров расположен в фиксированном месте камеры сжатия, включение экономайзера возможно только тогда, когда рабочая длина профилей винтов захватывает ЭКО-порт и обеспечивается устойчивое всасывание паров через него. Поэтому для компрессоров серий OS. / HS. 64...74 экономайзер может быть включен только на ступенях регулирования производительности в диапазоне 75—100 % от номинальной, а у компрессоров серий OS. / HS. 53 — 100—90 % (85 %).

У полугерметичных винтовых компрессоров серии OS. / HS. 85, а также у компактных компрессоров всех серий CS регулирование производительности осуществляется перемещающимся вдоль профилей винтов золотни-

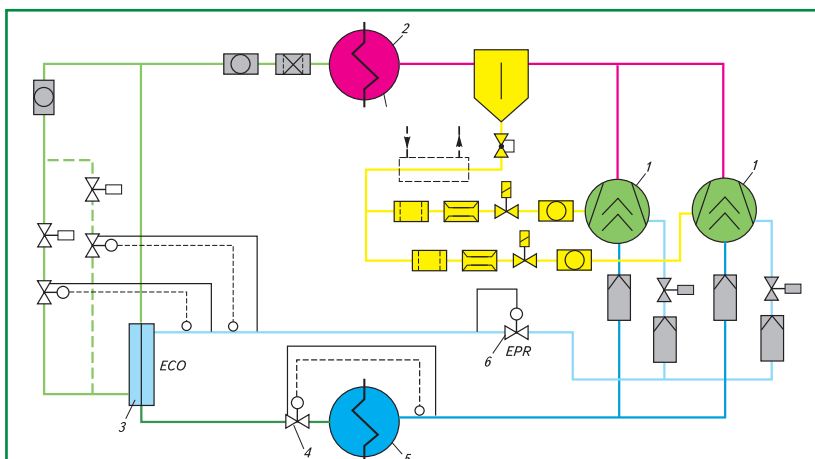


Рис. 16. Схема установки с одним общим переохладителем: 1 — компрессоры; 2 — конденсатор; 3 — переохладитель; 4 — ТРВ; 5 — испаритель; 6 — регулятор давления



ком. ЭКО-порт у компрессоров этих серий установлен непосредственно в этом золотнике, т. е. впрыск пара из экономайзера производится всегда в рабочую зону винтов. Это позволяет расширить диапазон работы при частичной нагрузке с использованием экономайзера, повысить холодопроизводительность и эффективность установки путем применения переохлаждения\*.

Теплообменники-переохладители, все участки ЭКО-патрубков, а также жидкостные трубопроводы на участке от переохладителя до ТРВ испарителей должны быть надежно теплоизолированы. Это особенно важно для низкотемпературных установок, в которых жидкий хладагент переохлаждается до значительных отрицательных температур. Плохая или поврежденная теплоизоляция может свести на нет эффект переохлаждения.

На рис. 17 приведен пример некачественного монтажа

системы переохлаждения. На жидкостной линии переохлажденного хладагента, идущей от переохладителя к испарителям, полностью отсутствует теплоизоляция. Более того, теплоизоляция отсутствует также на самом переохладителе и на идущем к компрессору ЭКО-патрубке. В результате температура жидкости перед испарителями, судя по всему, близка к температуре окружающей среды, но никак не к расчетной температуре переохлаждения. Таким образом, вместо ожидаемого повышения холодопроизводительности и эффективности работы установки можно будет констатировать их снижение.

Квалифицированным монтажникам холодильных компаний, производящих монтаж сложных холодильных установок большой холодопроизводительности с переохладителями, надо всегда иметь это в виду. Прежде всего необходимо использовать качественную специальную теплоизоляцию требуемой толщины.

При проведении пусконаладочных работ должны контролиро-



Рис. 17. Плохая теплоизоляция ЭКО

ваться на всех возможных ступенях регулирования производительности установки все ее функциональные параметры: давление и температура кипения в переохладителе ( $p_{eco}$  и  $t_{ms}$ ), температура конденсации  $t_k$  и переохлажденного хладагента  $t_{cu}$ , перегрев паров в переохладителе ( $t_{cu} - t_{ms}$ ), фактическое переохлаждение ( $t_k - t_{cu}$ ), фактическая температура переохлажденного хладагента перед ТРВ испарителя, т. е. потери в линии переохлаждения.

*Окончание следует.*

\* См. подробную информацию в руководствах по компрессорам «Битцер» SH-100, SH-110 и SH-170.