



## Повышение эффективности холодильных установок с компрессорами «Битцер»

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

Главной задачей, стоящей в настоящее время перед производителями холодильных и климатических установок различного назначения, является повышение производительности и эффективности входящих в них компрессоров и теплообменного оборудования. Эта проблема не теряет своей актуальности в течение всего времени развития холодильной техники. Сегодня же, когда стоимость энергоресурсов, а также размер парка эксплуатируемого и вводимого в эксплуатацию холодильного оборудования достигли впечатляющих высот, повышение эффективности систем, производящих и потребляющих холод, стало проблемой мировой. Действующие законодательства большинства европейских государств стимулируют разработчиков холодильных систем на повышение их эффективности и холодопроизводительности.

Более того, в новейшей истории правительствами многих стран с высокоразвитой холодильной промышленностью были приняты специальные директивы, предписывающие разработчикам холодильных систем помимо совершенствования схем изготавливаемых установок учитывать также природоохранные требования, используя современные озонобезопасные и не создающие парникового эффекта хладагенты. Совершенствование схем установок, использование новейших программ расчета холодильных циклов и подбор компонентов позволили за последние несколько десятилетий существенно увеличить холодопроизводительность и эффективность систем с компрессорами той же объемной производительности, что и их прежние модификации, но обладающими значительно более высоким холодильным коэффициентом (COP).

В последние годы, когда необходимость повышения эффективности холодильных и климатических систем, а также снижения их TEWI значительно обострилась, наиболее обсуждаемыми стали высокоэффективные установки, в которых реализована одна или сразу все следующие возможности повышения их текущего и среднегодового COP:

- ✓ применение компрессоров, воздушных конденсаторов и маслоохладителей с инверторным регулированием производительности;
- ✓ работа компрессоров с минимальным перепадом рабочих давлений, или с так называемой «плавающей» температурой конденсации;
- ✓ работа конденсаторов с минимальным перепадом температур;
- ✓ использование хладагентов R134a, XP10, R717(NH<sub>3</sub>), R744(CO<sub>2</sub>) и др., а также специализированных под них компрессоров, обеспечивающих более высокий COP;
- ✓ применение различных систем переохлаждения жидкого хладагента;
- ✓ использование систем промежуточного дросселирования жидкого хладагента;
- ✓ применение затопленных испарителей;
- ✓ использование регенеративных теплообменников.

Первые четыре перечисленных способа уже были подробно рассмотрены в недавних наших публикациях в журнале, поэтому отметим только, что компания BITZER, активно работая со своими заказчиками, постоянно поставляет на рынок новые специализированные под определенные хладагенты модели поршневых, винтовых и спиральных компрессоров; модели со встроенными и внешними частотными инверторами, а также инновационные и высокоэффективные компрессорно-конденсаторные агрегаты EcoStar на их базе. Эффективность этих компрессоров и агрегатов наглядно демонстрируют результаты расчетов по очень удобной для пользователей и очень информативной программе подбора оборудования Bitzer Software.

### Переохлаждение в холодильных установках

Переохлаждение жидкого хладагента после конденсатора — известный способ увеличения холодопроизводительности холодильной установки. При этом понижение температуры хладагента на 1 °C соответствует повышению холодопроизводительности нормально функционирующей холодильной установки примерно на 1 % при том же уровне энергопотребления. Эффект достигается за счет уменьшения при переохлаждении доли пара в парожидкостной смеси, которой является сконденсированный хладагент, поступающий из ресивера к ТРВ испарителя.

В низкотемпературных холодильных установках применение переохлаждения особенно эффективно: понижение температуры сконденсированного хладагента до значительных отрицательных значений позволяет увеличивать холодопроизводительность установок более чем в 1,5 раза.

В зависимости от размеров и конструкции холодильных установок реализовать этот процесс можно различными способами в дополнительном теплообменнике-переохладителе, устанавливаемом на жидкостной линии между ресивером и ТРВ:

✓ Переохлаждение хладагента внешними источниками холода:

- в водяном теплообменнике путем использования доступных источников очень холодной воды;
- в воздушном теплообменнике-переохладителе в холодное время года;
- холодными парами от внешней/вспомогательной холодильной установки.

✓ Переохлаждение за счет внутренних ресурсов холодильной установки:

- в теплообменнике-переохладителе при расширении отводимой в него части фреона, циркулирующего в основном холодильном контуре (реализуется в установках с двухступенчатым сжатием и в спутниковых системах, а также в установках с винтовыми, поршневыми и спиральными компрессорами, имеющими промежуточные порты всасывания);

- в регенеративных теплообменниках холодными парами, всасываемыми в компрессор из основного испарителя (реализуется в установках, работающих на хладагентах с низким значением показателя адиабаты, главным образом на гидрофторуглеродах – ГФУ и гидрофторолефинах – ГФО).

Системы переохладения от внешних источников холода все еще довольно редко применяются на практике. Переохладение с использованием источников холодной воды осуществляется, как правило, в тепловых насосах, а также в средне- и высокотемпературных установках, если в непосредственной близости от них есть источник холодной воды: используемые артезианские скважины, естественные водоемы (для судовых установок) и т.д.

Переохладение внешними холодильными машинами реализуется крайне редко и только в очень больших установках промышленного холода. Переохладение в воздушных теплообменниках-переохладителях применяется тоже весьма нечасто, так как эта опция холодильных установок пока мало понятна и непривычна для российских холодильщиков. Кроме того, проектировщиков смущают сезонные колебания повышения холодопроизводительности установок с воздушными переохладителями.

Системы переохладения, использующие внутренние ресурсы, широко применяются в современных холодильных установках с компрессорами практически всех типов. В установках с винтовыми и двухступенчатыми поршневыми компрессорами применение это-

го вида переохладения уверенно доминирует, так как возможность обеспечивать всасывание паров с промежуточным давлением заложена непосредственно в конструкции таких компрессоров.

**Переохладение в установках с поршневыми и спиральными компрессорами «Битцер» Установки с поршневыми компрессорами**

Именно в установках двухступенчатого сжатия с переохладением на базе поршневых компрессоров, особенно в низкотемпературных, где отношение рабочих давлений  $p_k/p_0$  наиболее высоко, достигается максимальный COP. Диаграмма цикла установки с

двухступенчатым компрессором приведена на рис. 1.

Широко распространены низкотемпературные установки на базе поршневых двухступенчатых компрессоров как с одним общим (рис. 2), так и с индивидуальными переохладителями. Такие установки монтируются на различных технологических предприятиях по производству и хранению замороженных полуфабрикатов, мороженого, применяются для холодообеспечения низкотемпературных испытательных камер, а также в крупных супер- и гипермаркетах и т.п.

Эти установки достаточно просты по конструкции, настройка их рабочих параметров

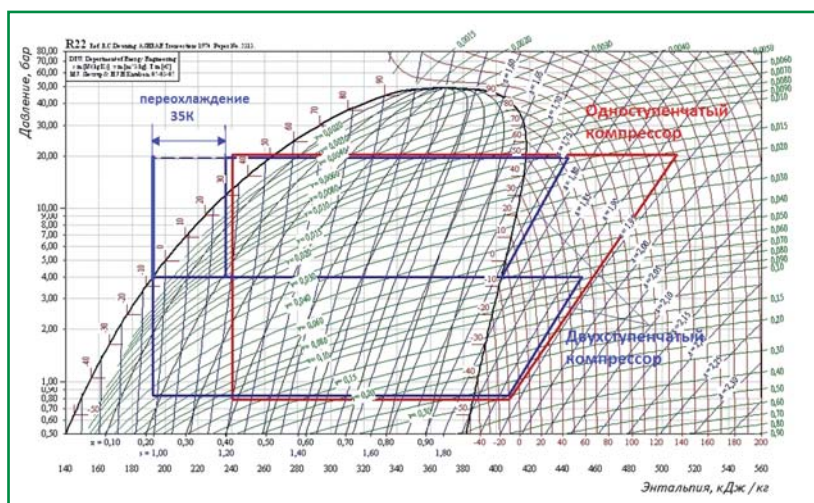


Рис. 1. Пример диаграммы цикла холодильной установки с двухступенчатым поршневым компрессором (в сравнении с циклом установки с одноступенчатым компрессором)

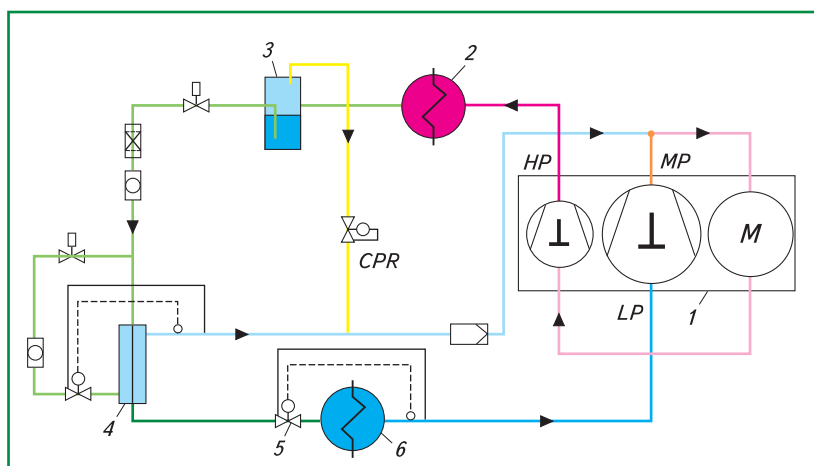


Рис. 2. Схема установки с двухступенчатым компрессором: 1 – двухступенчатый компрессор (М – электродвигатель; НР – высокое давление; LP – низкое давление; МР – промежуточное давление после первой ступени); 2 – конденсатор; 3 – ресивер; 4 – переохладитель; 5 – ТРВ; 6 – испаритель

осуществляется также достаточно просто и быстро. COP таких установок значительно выше холодильного коэффициента одноступенчатых централей со стандартными низкотемпературными компрессорами.

Серийные двухступенчатые поршневые компрессоры «Битцер» для низкотемпературных холодильных установок могут поставляться заказчику уже полно-

стью агрегатированными на заводе-изготовителе, в том числе с полностью собранной ветвью переохлаждения, включающей в себя все необходимые компоненты: индивидуальный переохладитель и TRV в надежной теплоизоляции, соленоидный клапан и фильтр-осушитель.

Также в установках с двухступенчатыми компрессорами возможно применение одного общего пере-

охладителя. Это упрощает конструкцию установки, но немного усложняет ее систему управления. Поэтому такие решения характерны для наиболее передовых европейских компаний, имеющих за плечами колоссальный опыт создания инновационных высокоэффективных систем (рис. 3).

В коммерческом холоде используют также двухступенчатые установки комбинированного типа с переохлаждением на базе одноступенчатых поршневых компрессоров (рис. 4). Такие установки монтируются, как правило, в небольших магазинах с разнотемпературными потребителями холода. Низкотемпературные бустер-компрессоры 1, работающие на низкотемпературный испаритель 13, нагнетают всасываемый пар в промежуточный коллектор 16. Среднетемпературные компрессоры 2 работают на среднетемпературный испаритель 15, нагнетая всасываемый из испарителя пар, а также пар из промежуточного коллектора в конденсатор 9. Жидкий хладагент переохлаждается в переохладителе 11 холодными парами, которые после теплообменника поступают в промежуточный коллектор, где давление приблизительно совпадает с давлением всасывания среднетемпературной ступени. Такие установки, так же как и централи с двухступенчатыми компрессорами с переохладителями, имеют очень высокую эффективность. Но в двухступенчатых установках с одноступенчатыми компрессорами «Битцер» и переохладителями можно получить значительно большую холодопроизводительность при очень высоком COP.



Рис. 3. Линде-центральный

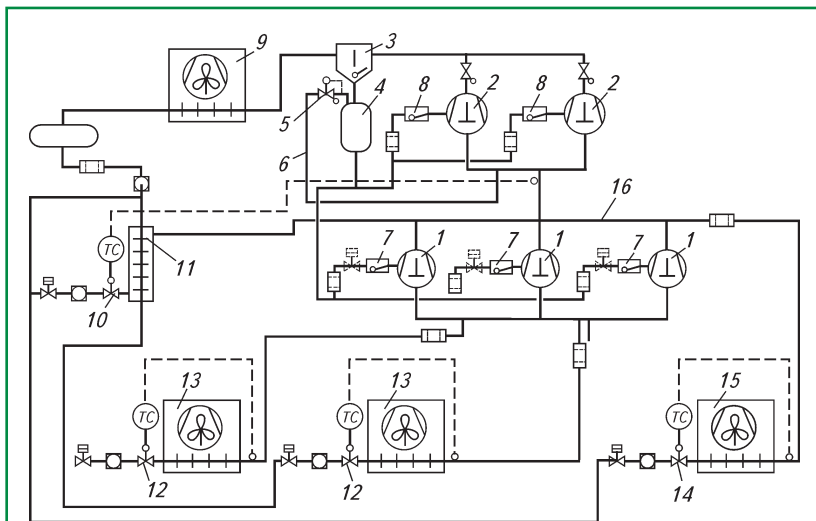


Рис. 4. Схема двухступенчатой комбинированной установки:

1 – низкотемпературный компрессор-бустер (низкое давление всасывания); 2 – среднетемпературный компрессор (высокое давление всасывания); 3 – маслоотделитель; 4 – масляный ресивер; 5 – дифференциальный клапан (1,4 бар); 6 – уравнивающая линия сброса давления паров из масляного ресивера; 7 – регулятор уровня масла (рассчитан на дифференциальное давление 6,5 бар, изменяемая установка уровня масла); 8 – регулятор уровня масла (стандартное исполнение или как поз. 7); 9 – конденсатор; 10 – терморасширительный вентиль (впрыскивание жидкости) переохладителя или для промежуточного охлаждения; 11 – переохладитель жидкости; 12 – терморасширительный вентиль низкотемпературного испарителя (низкое давление); 13 – низкотемпературный испаритель (низкое давление); 14 – терморасширительный вентиль среднетемпературного испарителя (высокое давление); 15 – среднетемпературный испаритель (высокое давление); 16 – промежуточный коллектор

#### Сателлитные установки с поршневыми и спиральными компрессорами

Как вариант, альтернативный таким высокоэффективным двухступенчатым установкам на базе одноступенчатых компрессоров с промежуточным коллектором и переохладителем, можно рассмотреть сателлитные централи. В этих установках также можно применять систему переох-

\* \* \*

Установки двухступенчатого сжатия работают в настоящее время на различных известных хладагентах, включая R410A и R134a, а также на идущем ему на смену перспективном хладагенте Opteon XP10. У компании BITZER есть прекрасный пример разработки и производства таких инновационных систем. Блестящим подтверждением эффективности переохлаждения в системах двухступенчатого сжатия являются производимые компанией «Битцер» чрезвычайно эффективные холодильные агрегаты

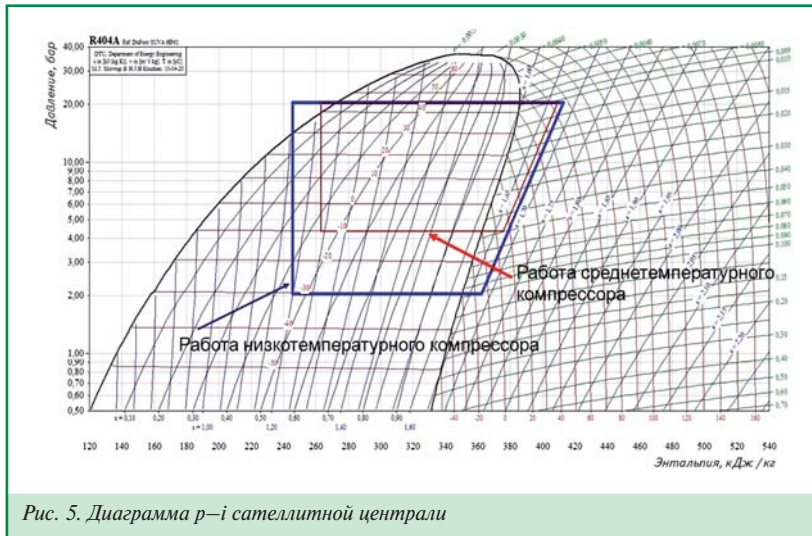


Рис. 5. Диаграмма  $p-i$  сателлитной централи

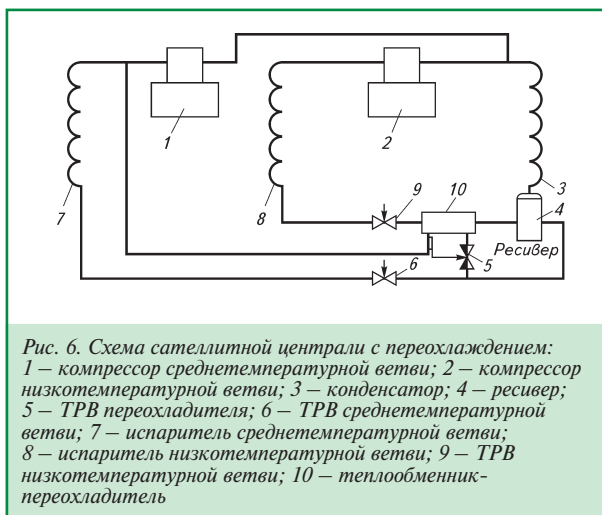


Рис. 6. Схема сателлитной централи с переохлаждением: 1 – компрессор среднетемпературной ветви; 2 – компрессор низкотемпературной ветви; 3 – конденсатор; 4 – ресивер; 5 – ТРВ переохладителя; 6 – ТРВ среднетемпературной ветви; 7 – испаритель среднетемпературной ветви; 8 – испаритель низкотемпературной ветви; 9 – ТРВ низкотемпературной ветви; 10 – теплообменник-переохладитель



Рис. 7. Сателлитные установки компании «Кифато»

лаждения жидкого хладагента, поступающего в низкотемпературные испарители. Эффективность таких установок ниже, чем у двухступенчатых, но они немного проще по конструкции, и в связи с этим их чаще применяют для небольших среднетемпературных и не очень низкотемпературных систем, главным образом в коммерческом холоде. Подобные установки рассчитываются таким образом, чтобы промежуточное давление для низкотемпературной ветви сателлитной установки примерно совпадало с давлением всасывания компрессоров среднетемпературной ветви. Цикл сателлитной холодильной установки в координатах  $p-i$  приведен на рис. 5.

Переохлаждение в сателлитных установках (рис. 6) осуществляет-

ся в теплообменнике-переохладителе 10 кипящими после специального ТРВ 5 холодными парами основного хладагента, которые после переохладителя всасываются через среднетемпературный коллектор среднетемпературным компрессором 1.

Компания «Кифато» стала первым в России серийным производителем таких сателлитных установок с переохладителями жидкого хладагента, поступающего в низкотемпературные потребители (рис. 7). Причем дополнительным отличием этих установок от многих им подобных является использование в одной установке практических низкотемпературных поршневых компрессоров и высокоэффективных среднетемпературных спиральных компрессоров «Битцер».



Рис. 8. Агрегат Star Cool на базе двухступенчатого поршневого компрессора S4CC-5.2Y для рефконтейнеров MAERSK

Star Cool на R134a на базе двухступенчатых поршневых компрессоров S4CC-5.2Y с переохладителями и со встроенными частотными инверторами, производимые для рефконтейнеров MAERSK Star Cool (рис. 8).

Продолжение следует.