Новые поршневые компрессоры «Octagon».

Часть 1. Сравнение поршневых, винтовых и спиральных холодильных компрессоров

На рынке компрессоров малой объемной производительности для холодильной техники и установок кондиционирования воздуха наметилась тенденция использования ротационных компрессоров, в то время как в низкотемпературной холодильной технике, как и прежде, предпочтение отдается поршневым компрессорам. Возрастающие требования к энергетической эффективности, простоте в эксплуатации, использованию новых экологически безопасных хладагентов обостряют конкуренцию в этом секторе рынка.

В настоящей статье на примере полугерметичных поршневых компрессоров новых серий «Octagon» мы хотели бы показать, как с помощью простых технических решений можно создавать продукцию, соответствующую повышенным требованиям современного рынка.

Прежде всего рассмотрим некоторые принципиальные отличия поршневых компрессоров от спиральных и винтовых.

Поршневые компрессоры

Изменение давления в таких компрессорах происходит при возвратно-поступательном движении поршня в цилиндрической камере сжатия. Индикаторные диаграммы компрессора при работе в режимах охлаждения и замораживания представлены на рис. 1.

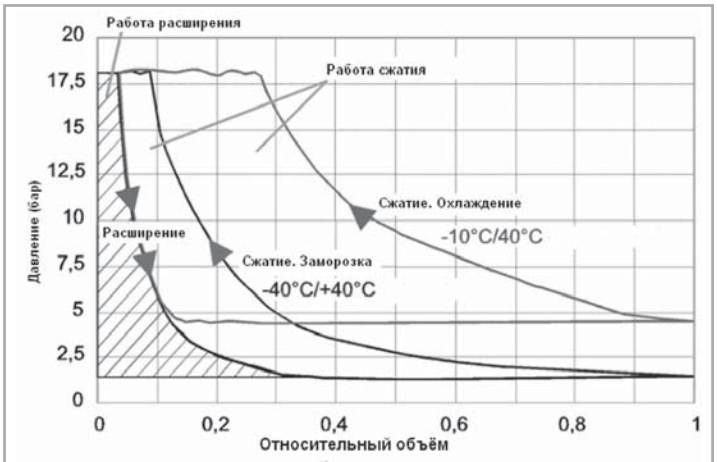


Рис. 1. Индикаторные диаграммы поршневого компрессора

Отчетливо видно, что при более высокой степени сжатия коэффициент подачи падает, причем главным образом из-за увеличения влияния процесса обратного расширения.

При обратном расширении работа передается на коленчатый вал (заштрихованная область), происходит охлаждение газа и изоэнтропический КПД компрессора уменьшается, но не так сильно, как коэффициент подачи. Это свойство характерно только для поршневых компрессоров.

На практике описанные особенности работы поршневых компрессоров приводят к тому, что объемная производительность при глубоком охлаждении заметно падает, что влияет на выбор рабочего объема. Тот же эффект может наблюдаться в случаях привода компрессора от двигателя с изменяемой частотой вращения. При увеличении частоты вращения степень сжатия повышается и коэффициент подачи уменьшается (рис. 2).

В компрессорах автомобильных кондиционеров, приводимых от двигателя внутреннего сгорания, этот эффект может быть полезно использован. При увеличении частоты вращения обеспечивается желаемое сокращение холодопроизводительности. Поэтому в автобусных установках кондиционирования возду-

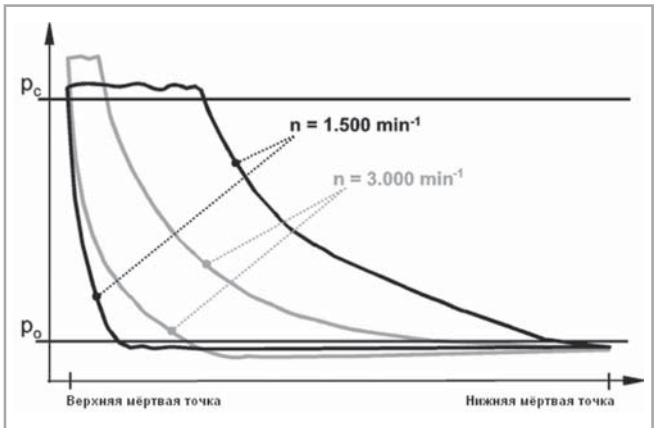


Рис. 2. Изменение рабочего процесса (поршневой компрессор) при изменении частоты вращения

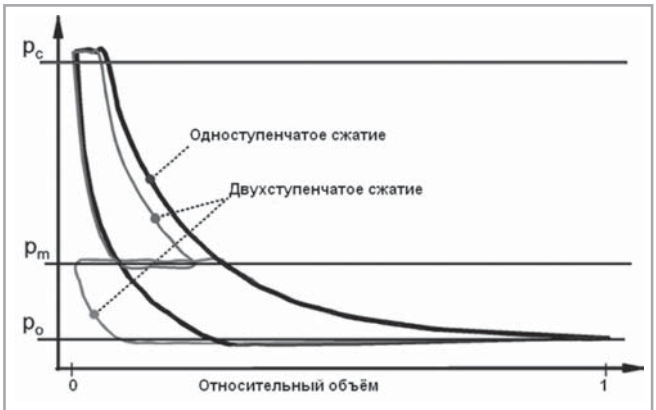


Рис. 3. Рабочий процесс при двухступенчатом сжатии в поршневом компрессоре

ха часто отказываются от каких-либо специальных систем регулирования производительности.

Если эффект уменьшения производительности нежелателен (например, в морозильных установках), то следует переходить на двухступенчатый поршневой компрессор (рис. 3).

Спиральные компрессоры

В традиционной конструкции спиральных компрессоров, используемых на сегодняшний день в технике кондиционирования, подвижный спиральный элемент выполняет орбитальное движение. За один оборот подвижной спирали компрессора производятся впуск порции всасываемого газа, его сжатие и выталкивание нагнетаемого газа.

В спиральных компрессорах нет нагнетательных клапанов, т. е. газ сжимается до заложенной при проектировании степени сжатия. Другая особенность спирального компрессора заключается в уменьшении объема камеры сжатия снаружи к центру и наличии радиального отверстия для нагнетания в самой маленькой центральной камере. Это также ограничивает эффективность рабочего нагнетательного клапана, имеющегося в некоторых низкотемпературных компрессорах.

На рис. 4, *а* представлена индикаторная диаграмма давления в спиральных компрессорах для систем кондиционирования воздуха, на рис. 4, *б* – для нормального охлаждения.

В случае применения в системах кондиционирования воздуха, где, как известно, отношения давлений низкие, спиральный компрессор может продемонстрировать свои преимущества: отсутствие потерь в клапанах; высокий КПД при небольшой тепловой и механической нагрузке из-за низкого трения, что связано с низкой относительной скоростью; малые внутренние перетечки (благодаря относительно небольшой разности давлений).

В таком же компрессоре при более высокой степени сжатия (см. рис. 4, *б*) величина работы сжатия увеличивается в конце этого процесса из-за обратного расширения в направлении, противоположном направлению вращения.

Это повышает тепловую нагрузку и увеличивает внутренние перетечки, что определяет снижение КПД. Равномерность сжатия в спиральном компрессоре для нормального охлаждения значительно меньше, чем в компрессоре, работающем в системах кондиционирования воздуха, что может привести к повышенным пульсациям газа. В этом состоит принципиальный недостаток спиральных ком-

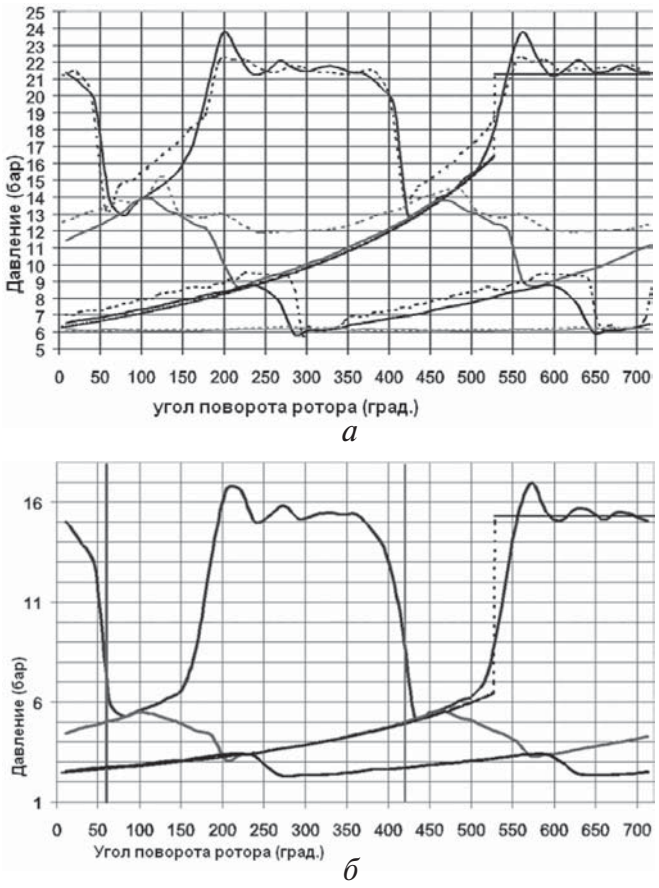


Рис. 4. Характеристика изменения давлений в спиральном компрессоре:
а – для систем кондиционирования воздуха (+7,2/54,4°С);
б – для установок нормального охлаждения

ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА

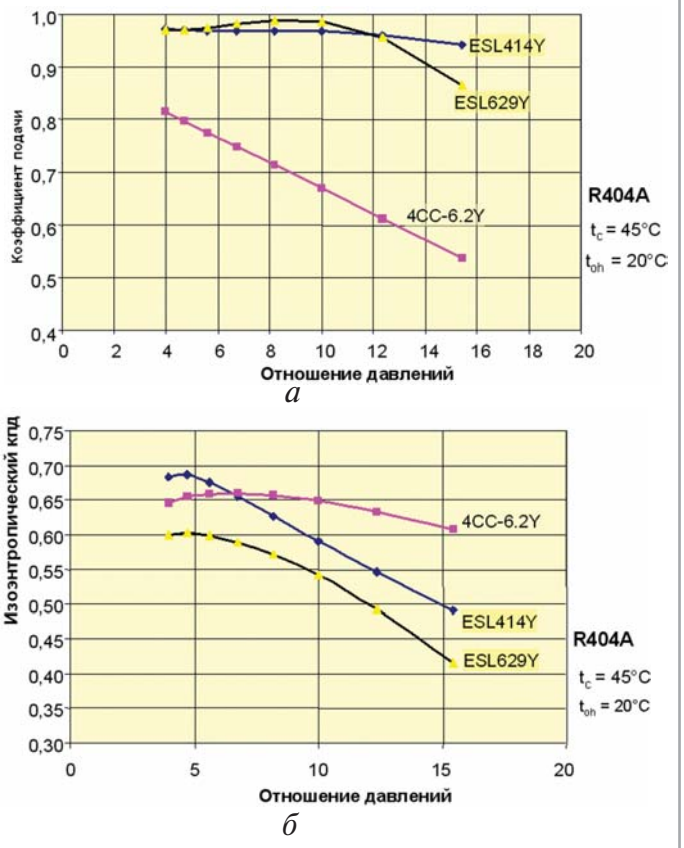


Рис. 5. Сравнительная характеристика поршневого компрессора серии Octagon (4CC-6.2Y) и спиральных компрессоров (ESL): а – коэффициент подачи; б – изоэнтропный КПД

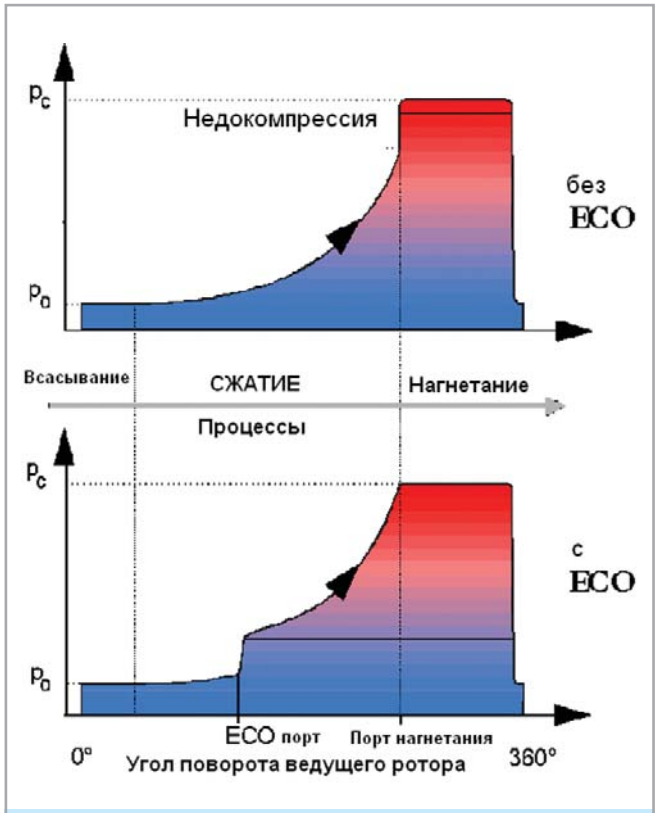


Рис. 6. Диаграмма изменения давления при работе винтового компрессора с экономайзером и без него

прессоров по сравнению с поршневыми, который усугубляется с ростом степени сжатия.

Сравнивая поршневые и спиральные компрессоры, можно отметить, что коэффициент подачи спиральных компрессоров выше, чем у поршневых, при любой степени сжатия (рис. 5, *а*).

Несмотря на это, изоэнтропический КПД двух разных по эффективности спиральных компрессоров в любом случае ниже изоэнтропического КПД поршневых компрессоров при степени сжатия, превышающей степень сжатия компрессоров, применяемых в кондиционировании воздуха (рис. 5, *б*).

Винтовые компрессоры

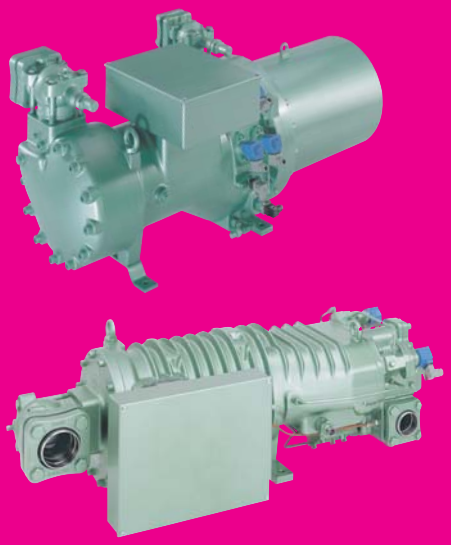
Винтовой компрессор по различным причинам иногда предпочтительнее для применения в холодильной технике, чем спиральный. Правда, речь идет о винтовых компрессорах, традиционно охлаждаемых маслом. Кроме того, в винтовых компрессорах большой объемной производительности можно «искусственно подпитать» процесс сжатия посредством ЭКОНОМАЙЗЕРНОГО РЕЖИМА (рис. 6).

В спиральных компрессорах реализовать это гораздо труднее, так как в них сечения каналов недостаточны для подвода газа. Возможность установки порта экономайзера ограничена толщиной стенок спиралей. Кроме того, затраты на подключение экономайзера к спиральным компрессорам относительно более высоки. Поэтому в спиральных компрессорах часто используют неэкономичный впрыск жидкости, который в действительности лишь предотвращает тепловую перегрузку компрессора, не влияя на увеличение давления.

Винтовые и спиральные компресоры рекомендуется применять при малых степенях сжатия (среднетемпературное охлаждение и кондиционирование воздуха), где они могут быть особенно эффективны. Но в отличие от спиральных винтовые компрессоры с масляным охлаждением и экономайзером при больших рабочих объемах являются наиболее интересным и перспективным решением для использования в холодильной технике.

(*Продолжение следует*)

Всемирный успех



Информация об официальных торговых представителях компании «Битцер» в России, перечень ведущих OEM-производителей холодильного оборудования с использованием компрессоров «Битцер» и адреса авторизованных Сервис-центров размещены на сайте компании www.bitzer.ru

Самый совершенный в мире завод по производству винтовых компрессоров

В результате впечатляющего успеха продаж наших винтовых холодильных компрессоров теперь производство сконцентрировано на самом высокопроизводительном и современном в мире заводе в г. Роттенбурге (Баден Вюртемберг, Германия)

Растущие объемы производства, расширяющийся диапазон производительности и разработка новых моделей в уникально широком спектре оборудования укрепляют наши позиции на всемирном рынке холодильной техники. Мы уверенно отвечаем на новые вызовы времени.

Bitzer

BITZER
I·N·T·E·R·N·A·T·I·O·N·A·L

Bitzer Kuhlmaschinenbau GmbH
Битцер СНГ, ООО
107078, Москва, Б.Козловский пер.,
д. 12, стр. 1
Тел.: (095) 933-88-31, 928-41-78
Факс: 207-07-38
www.bitzer.de www.bitzer.ru
E-Mail: center@bitzer.ru

Новые поршневые компрессоры «Octagon».

Часть 2. Выигрышные особенности*

Учитывая все основные достоинства и недостатки рассмотренных типов компрессоров, компания «Битцер» создала новую серию поршневых компрессоров Octagon, в которой с целью их усовершенствования подвергся модификации ряд существенных параметров, среди которых: плавность хода и шумовые характеристики, КПД, регулируемость производительности, габаритные размеры и масса, стоимость.

Шумовые характеристики компрессоров серии Octagon с демпфером пульсаций в головке блока цилиндров (см. сайт www.bitzer.ru)

Несмотря на исключительную плавность хода, обусловленную конструкционными особенностями компрессоров этой серии, в отдельных случаях возникали значительные резонансные пульсации в нагнетательных трубопроводах. Как правило, такие пульсации сокращаются до приемлемой величины путем установки глушителей (демпферов) на трубопроводе. Недостаток такого технического решения состоит в том, что на участке нагнетательного трубопровода между демпфером и компрессором всегда присутствуют значительные пульсации. Полностью избежать негативного воздействия пульсаций давления в системе удалось благодаря новой головке блока цилиндров (рис. 1), где с помощью резонансного канала пульсации гасятся в месте их возникновения.

Сравнение характера пульсаций при стандартной и модифицированной головках блока цилиндров показано на рис. 2.

Стендовое измерение базовых шумовых характеристик компрессора не показало значительного их улучшения. Однако при работе компрессора в составе холодильной установки выявлено отчетливое уменьшение шумовых показателей. В связи с этим несколько серийных компрессорно-конденсаторных агрегатов с воздушным охлаждением были дополнительно подвергнуты многократным циклическим испытаниям на шумовые характеристики на расстоянии 1 м по DIN 45635. Затем были сопоставлены результаты испытаний, полученные на компрессоре серии Octagon без демпфера пульсаций (ДП), компрессоре серии Octagon с ДП и спиральном компрессоре.

Замеренные звуковые давления могут рассматриваться как типичные для агрегатов с конденсатором воздушного охлаждения. Оче-

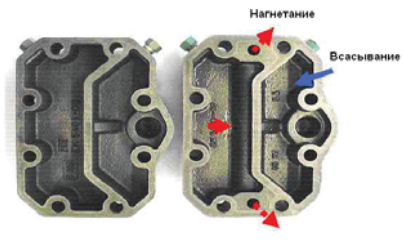


Рис. 1. Головки блока цилиндров: слева без демпферов пульсаций, справа с демпфером пульсаций (компрессор серии Octagon)

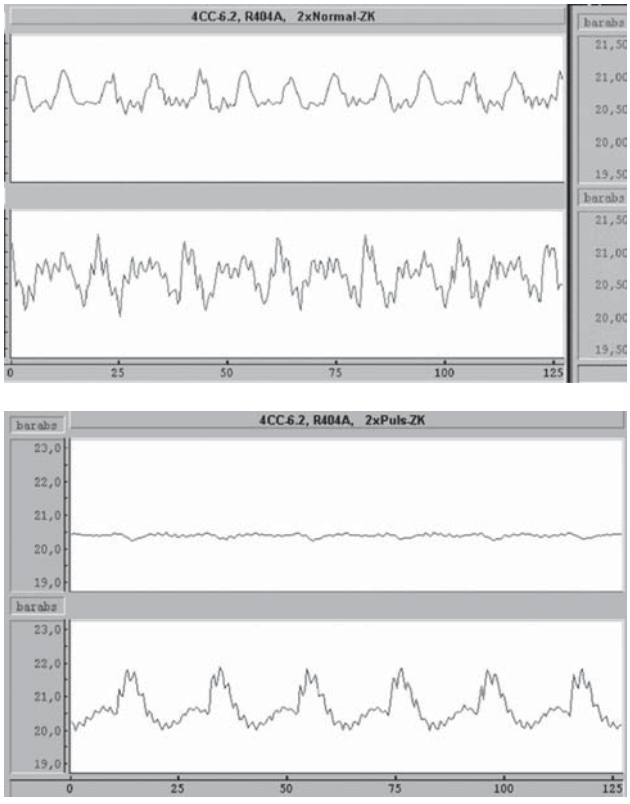


Рис. 2. Колебания давления при стандартной головке в трубопроводе (верхнее окно) и в головке блока цилиндров (нижнее окно):
а — без демпфера пульсаций в головке блока цилиндров;
б — со встроенным в головку демпфером пульсаций

** Продолжение. Начало см. журнал «Холодильная техника» № 3/2004.*

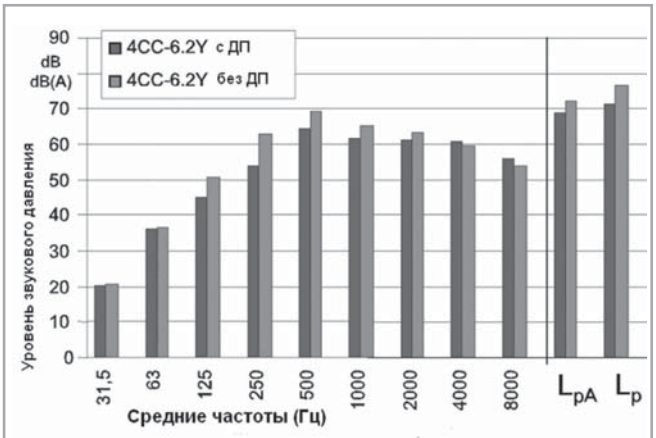


Рис. 3. Уровень звукового давления на расстоянии 1 м от компрессорно-конденсаторного агрегата с компрессором Octagon с демпфером пульсаций и без него

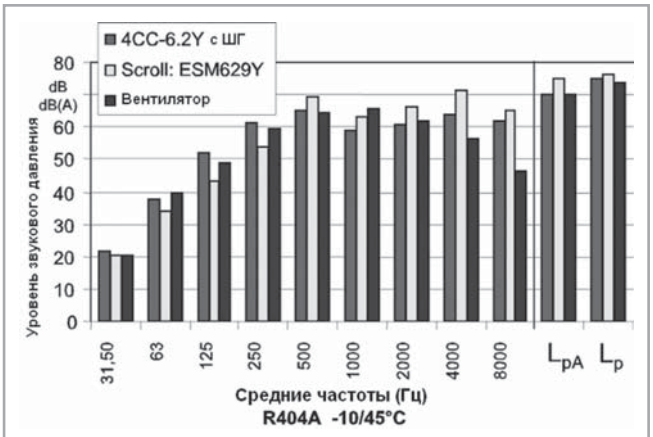


Рис. 4. Сравнение уровней звукового давления в машинном отделении на расстоянии 1 м для компрессора Octagon 4CC-6.2Y, спирального компрессора ESM629Y и вентилятора агрегата

видно снижение шума, которое достигается применением новых головок блока цилиндров (рис. 3).

О том, насколько низкими являются эти шумовые характеристики, можно судить по рис. 4. Компрессор серии Octagon с ДП оказывается не просто работающим тише спирального компрессора, но даже находится на уровне шумовых характеристик вентилятора компрессорно-конденсаторного агрегата.

Значительное снижение шумовых характеристик поршневых компрессоров «Битцер» позволило также достичь универсальности их применения во всех возможных типах установок. Было доказано, что поршневые компрессоры не только не являются более шумными и подверженными вибрациям, чем ротационные, но даже могут превосходить их по этим показателям.

Регулирование холодопроизводительности изменением частоты вращения

Объемная производительность короткоходовых поршневых компрессоров оптимально регулируется путем изменения частоты вращения коленчатого вала. Хорошим примером является серия компрессоров Octagon, допустимый диапазон частот питающего тока для которой 30...60 Гц (стандартное исполнение) и 20...70 Гц (расширенный вариант исполнения) (рис. 5).

Однако и это не предел. В одной из опытных установок, где изучались предельные возможности поршневых компрессоров, электродвигатель двухцилиндрового компрессора теплового насоса, представленного на рис. 6, успешно работал в диапазоне частот 20...80 Гц.

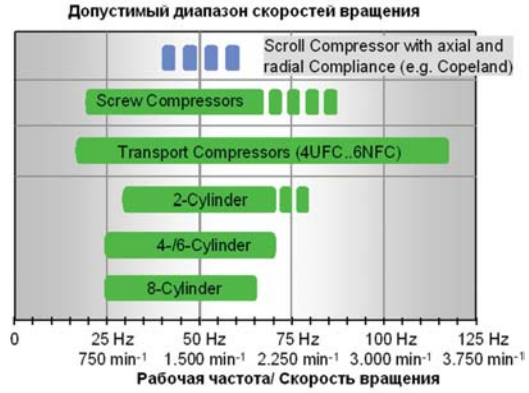


Рис. 5. Регулирование производительности компрессора изменением частоты вращения вала

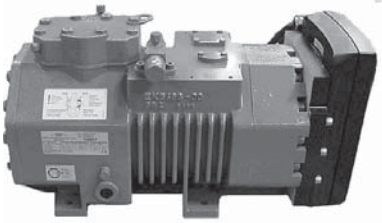


Рис. 6. Перспективный компрессор Octagon серии C2 со встроенным частотным преобразователем

Существенное преимущество поршневых компрессоров, реализованное в конкретном проекте

Если требуется регулировать компрессор морозильной установки изменением частоты вращения, необходимо учитывать, что, начиная с некоторой предельной частоты, ее повышение не вызывает увеличения холодопроизводительности. В этом случае можно применить вариант с двухступенчатым поршневым компрессором. В качестве примера рассмотрим экспериментальный компрессор для холодильной установки типового рефрижераторного контейнера.

ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Требования, которые предъявлялись к этому компрессору:

Габаритная ширина, мм	< 250
Масса, кг	< 100
Хладагент	R134a
Регулирование бесступенчатое, в диапазоне холодопроизводительностей, кВт	10,5... 0,5
Холодопроизводительность Q_0, кВт, при температуре в охлаждаемом объеме, °С	
–28	3,5
–18	4,0
–4	10,5
Экономия потребляемой энергии, %	30
Температура окружающей среды, °С:	
расчетный режим	+38
экстремальный режим	От арктических условий до +55 °С

Ни винтовой, ни спиральный компрессоры не подошли для выполнения этих требований (в частности, очень низким оказался КПД при частичной нагрузке). Но даже одноступенчатый поршневой компрессор с регулированием частоты вращения смог частично выполнить поставленную задачу. Однако затем оказалось, что при частоте питающего тока выше 80 Гц и t_0 = –33 °С (R134a) повышение холодопроизводительности оказалось невозможным (рис. 7).

Самое оптимальное решение было достигнуто при использовании двухступенчатого компрессора (рис. 8), который по холодопроизводительности превосходил одноступенчатый на 25 %. Среднее потребление энергии за типичный цикл нагрузки было на 30 % меньше того же показателя для серийной машины.

Благодаря использованию переохладителя хладагент R134a, типичный для кондиционирования воздуха, смог прекрасно работать в морозильных установках и по результатам сравнительных измерений обеспечил такие же показатели, что и R404A. Принципиальная схема установки показана на рис. 9.

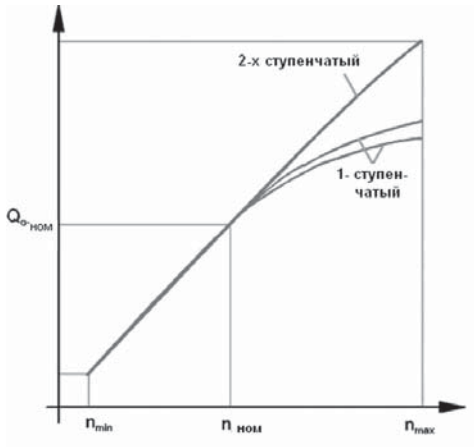


Рис. 7. Изменение холодопроизводительности при увеличении частоты вращения вала компрессора

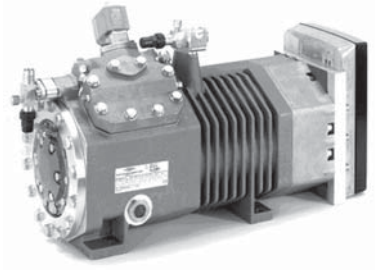


Рис. 8. Перспективный компрессор Octagon S4CC-5Y с переключением на работу в 1–2 ступени и преобразователем частоты

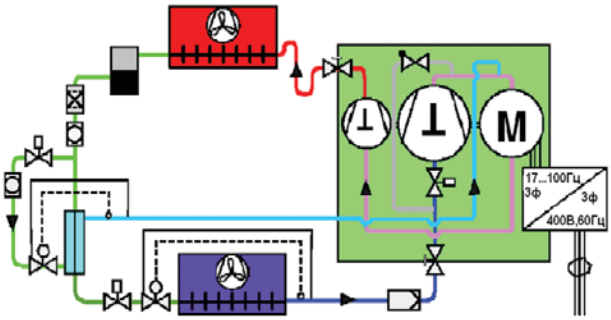


Рис. 9. Принципиальная схема установки с применением перспективного компрессора Octagon S4CC-5Y и жидкостного переохлаждения

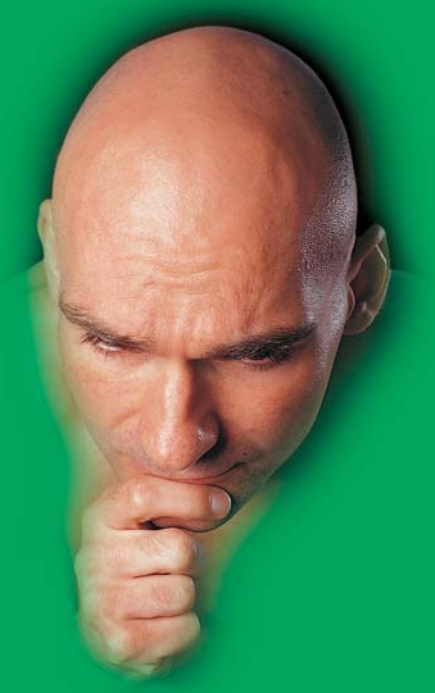
Все требования по конструктивным размерам и холодопроизводительности были выполнены.

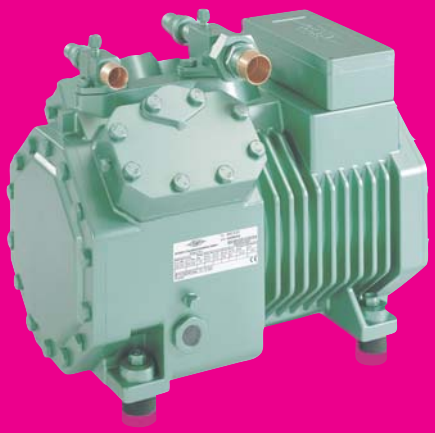
Можно с уверенностью сказать, что в этом конкретном случае никакой другой тип компрессора не будет лучше, чем поршневой.

Таким образом, полугерметичные поршневые компрессоры все еще обладают значительным потенциалом развития, который позволит оптимально использовать их в холодильной технике и в будущем. Адаптация поршневых компрессоров к новым областям применения и хладагентам возможна при относительно низких издержках. По массе, плавности хода и компактности современные поршневые компрессоры вполне конкурентоспособны с ротационными. Регулирование изменением частоты вращения, пока еще не общепринятое для поршневых компрессоров, при широком использовании даст значительную экономию энергии.

В последующих публикациях мы подробно рассмотрим этот вопрос и рекомендации фирмы «Битцер» в этой области.

Умные решения





Битцер задает стандарты поршневых компрессоров

Битцер занимает передовые позиции в области проектирования и разработки поршневых холодильных компрессоров в мире. Наши инженеры, сочетая наивысшую техническую квалификацию с творческим подходом, добиваются непрерывного успеха в реализации новых идей в самом современном производстве. Так мы постоянно доказываем мощь нашего инновационного потенциала в разработке поршневых компрессоров.

Наши новые компрессоры серии Октагон – типичный пример. Эта серия еще компактнее, еще более бесшумна в работе, еще экономичнее. Никто не способен превзойти нас – в лучшем случае могут скопировать.

Информация об официальных торговых представителях компании «Битцер» в России, перечень ведущих OEM-производителей холодильного оборудования с использованием компрессоров «Битцер» и адреса авторизованных Сервис-центров размещены на сайте компании www.bitzer.ru

Bitzer

BITZER
I·N·T·E·R·N·A·T·I·O·N·A·L

Bitzer Kuhlmaschinenbau GmbH
Битцер СНГ, ООО
107078, Москва, Б.Козловский пер.,
д. 12, стр. 1
Тел.: (095) 933-88-31, 928-41-78
Факс: 207-07-38
www.bitzer.de www.bitzer.ru
E-Mail: center@bitzer.ru