

# Преимущества применения полугерметичных двухступенчатых винтовых компрессоров FUSHENG в процессах заморозки

**А.А. СПАССКИЙ**, anatoly@inref.su, **А.В. СУШЕНЦЕВА**, anna@inref.su, ООО «ИНРЕФ»

При производстве и хранении свежемороженой пищевой продукции и медицинских препаратов основными критериями эффективности являются: энергозатраты на производство единицы продукции, время производства единицы продукции, качество продукции, сроки хранения продукции, затраты на хранение единицы продукции, минимизация изменения качества продукции на протяжении всего срока ее хранения. На всех этапах производства и хранения такой продукции применяются различные холодильные установки. Наибольшее распространение в настоящее время получили фреоновые парокомпрессионные установки на базе спиральных, поршневых и винтовых компрессоров с одноступенчатым или двухступенчатым сжатием.

## Выбор схемы охлаждения

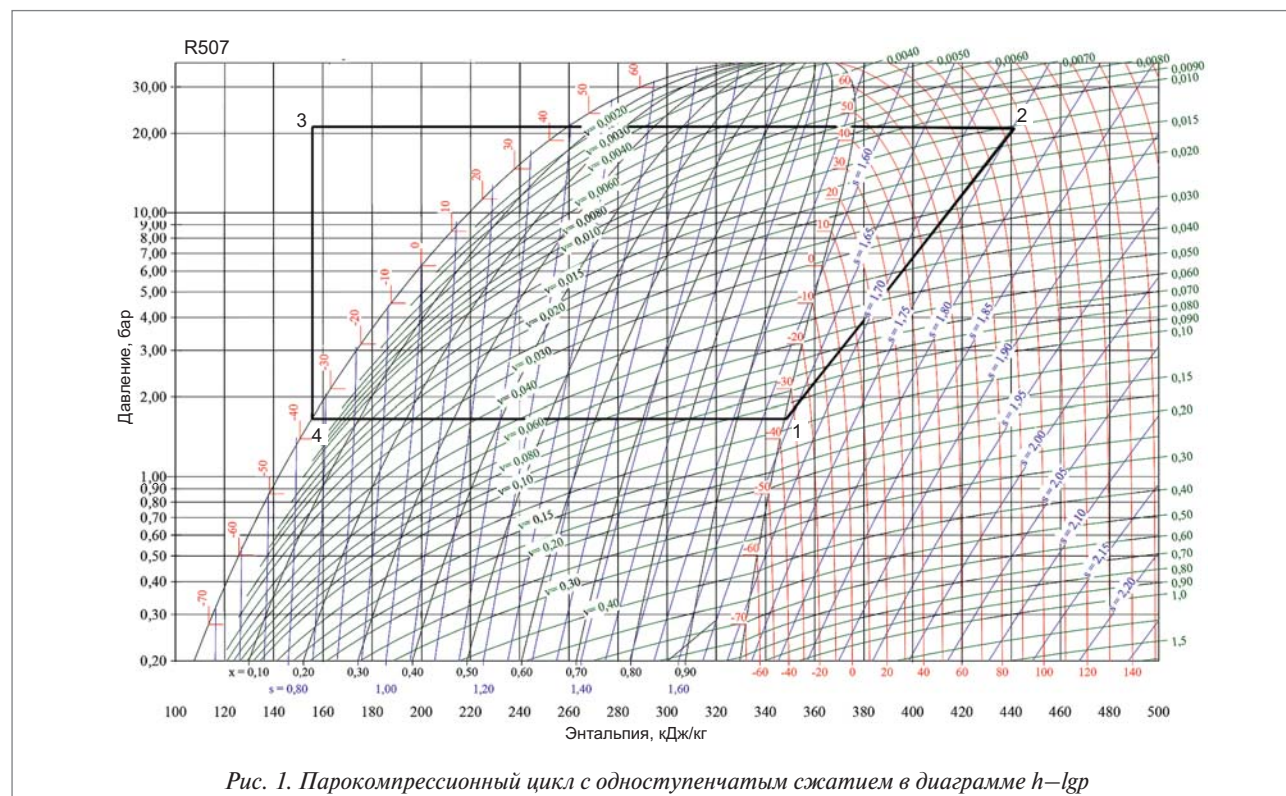
Применение схем с двухступенчатым сжатием актуально при низких и сверхнизких температурах кипения фреона от  $-30$  до  $-60$  °С, что обеспечивает температуру воздуха в охлаждаемых помещениях и аппаратах от  $-25$  до  $-55$  °С. При этом большая эффективность двухступенчатого сжатия по сравнению с одноступенчатым очевидна.

При одноступенчатом сжатии эффективность рассчитывается по формуле

$$\varepsilon_s = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1},$$

где  $h_i$  – энтальпия в соответствующих точках цикла (рис. 1),

а при двухступенчатом сжатии (рис. 2) – по формуле



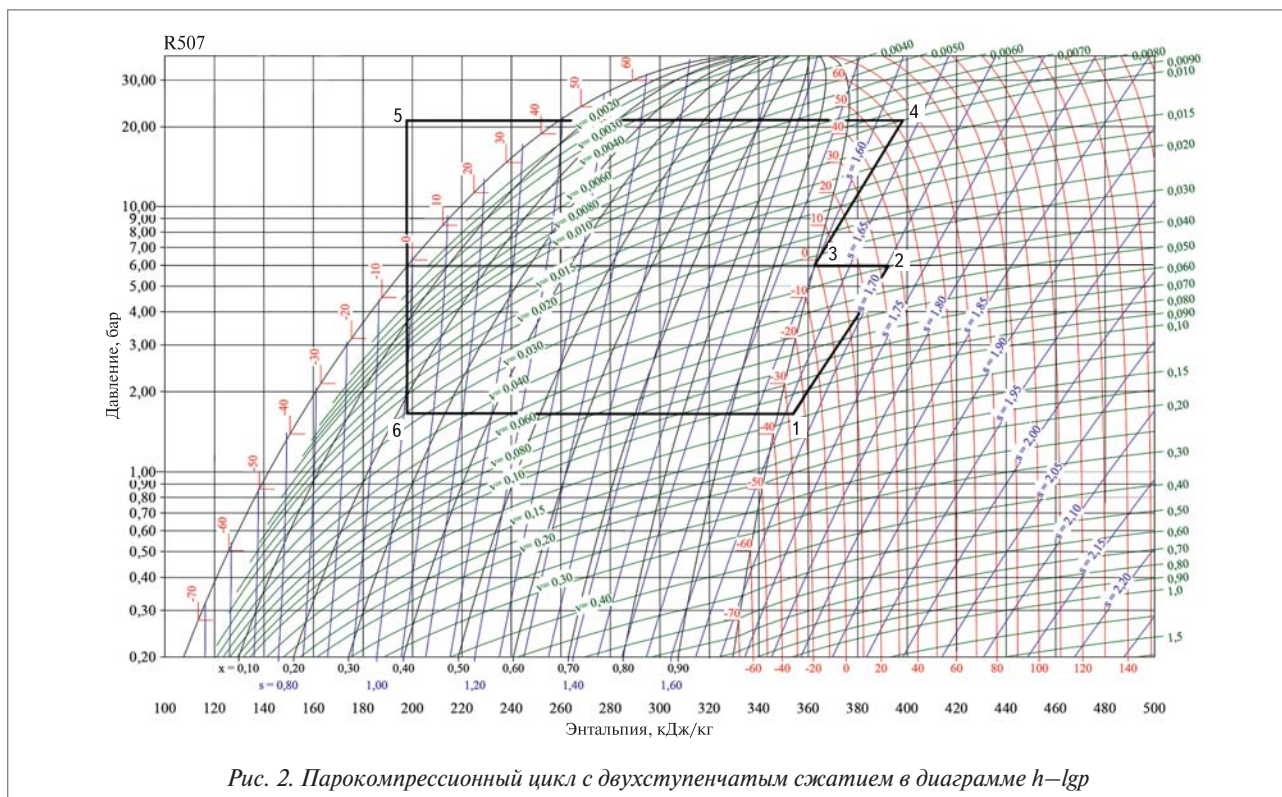


Рис. 2. Парокомпрессионный цикл с двухступенчатым сжатием в диаграмме  $h-lgr$

$$\varepsilon_d = \frac{h_1 - h_6}{(h_2 - h_1) + (h_4 - h_3)}$$

Реализация схем двухступенчатого сжатия возможна с применением двух спиральных или двух поршневых, или двух винтовых компрессоров, ибо одного двухступенчатого поршневого или одного двухступенчатого винтового компрессора. Самым эффективным является применение двухступенчатого винтового компрессора с двумя парами роторов (низкого и высокого давления), приводимыми в движение синхронно одним двигателем. Эффективность такого компрессора достигается благодаря уменьшению общего гидравлического сопротивления системы, отсутствию «мертвых

объемов» и применению высокоточной муфты, обеспечивающей плавность работы при различных режимах эксплуатации. Схемы установок на базе одно- и двухступенчатого винтового компрессора приведены на рис. 3 и 4.

Параметрами оптимизации при использовании двухступенчатых винтовых компрессоров могут быть:

- ✓ снижение энергозатрат, экономия электроэнергии, снижение себестоимости готовой продукции;
- ✓ интенсификация технологических процессов заморозки продукции, повышение качества готовой продукции, сокращение времени на выпуск единицы готовой продукции.



Однокомпрессорный низкотемпературный агрегат



Многокомпрессорная низкотемпературная централь

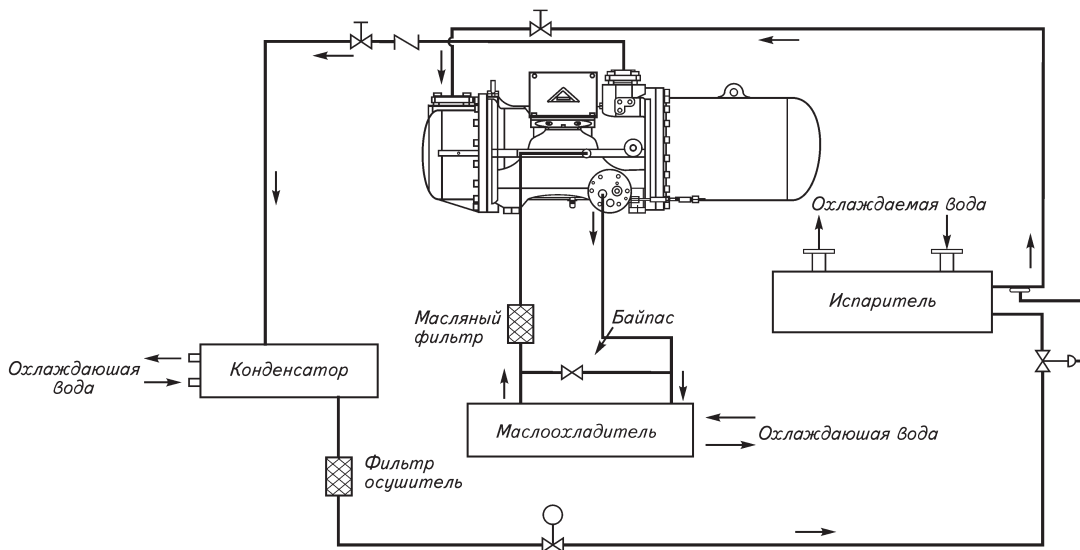


Рис. 3. Технологическая схема парокompрессионной установки на базе одноступенчатого винтового компрессора

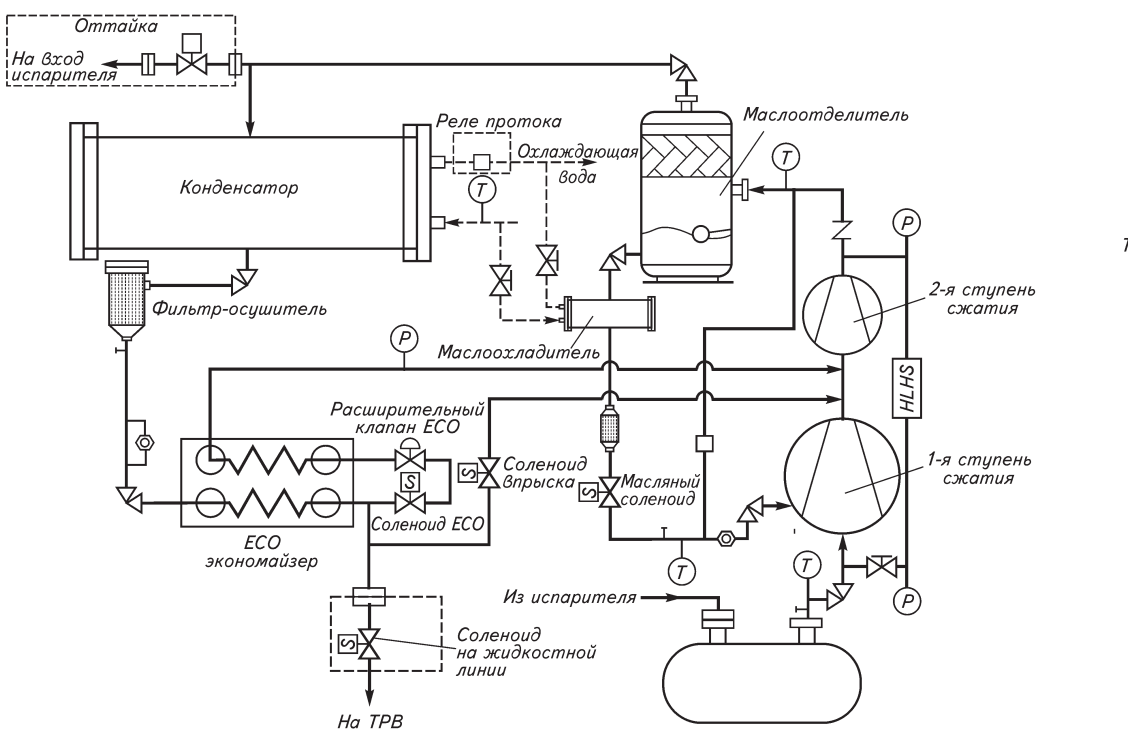


Рис. 4. Технологическая схема парокompрессионной установки на базе двухступенчатого винтового компрессора

### Сравнение схем охлаждения (на примере установки для замораживания продуктов)

При определяющем размере продукта 3 см, скорости движения воздуха 3 м/с и температуре воздуха  $-30^{\circ}\text{C}$  время замораживания мясных и рыбных продуктов составляет около 1 ч. Потребная холодопроизводительность установки для замораживания 1300 кг/ч продукции составляет 120 кВт. Использование централей на

поршневых или спиральных компрессорах при таких холодопроизводительностях нецелесообразно из-за большого числа компрессоров в одной централи.

Самым дешевым вариантом будет применение однокомпрессорной установки на базе полугерметичного винтового компрессора со встроенным или отдельным маслоотделителем. Энергопотребление компрессорного агрегата с экономайзером, рабо-

тающего на R507, на базе одноступенчатого полугерметичного компактного винтового компрессора FUSHENG BSR 413 холодопроизводительностью 126 кВт (при температуре  $t_0 = -36^\circ\text{C}$  и температуре конденсации  $t_k = +45^\circ\text{C}$ ) составит 115 кВт.

Аналогичный агрегат на базе двухступенчатого винтового компрессора FUSHENG SRT 324 будет иметь холодопроизводительность 123 кВт и энергопотребление 89 кВт. Агрегат же на базе двухступенчатого компрессора FUSHENG SRT 413 при энергопотреблении 110 кВт обеспечивает холодопроизводительность 151 кВт, т.е. при том же энергопотреблении, что и у одноступенчатого компрессора, производительность морозильного аппарата может быть увеличена с 1300 до 1600 кг/ч.

Таким образом, применение двухступенчатых винтовых компрессоров позволяет снизить удельный расход электроэнергии с 88 Вт/кг (115000/1300) до 68 (110000/1600) Вт/кг продукции.

Еще одним положительным моментом применения агрегатов на базе двухступенчатых винтовых компрессоров может быть понижение температуры кипения хладагента до  $-60^\circ\text{C}$ , т.е. снижение температуры воздуха в морозильном аппарате до  $-50\dots-55^\circ\text{C}$ . При этом снижения температуры воздуха в морозильном аппарате до  $-40^\circ\text{C}$  при применении двухступенчатого компрессора можно достичь, потребив столько же электроэнергии, сколько потребуется одноступенчатому винтовому компрессору для обеспечения температуры воздуха в аппарате  $-30^\circ\text{C}$ . Так, самый крупный в модельном ряду FUSHENG полугерметичный двухступенчатый винтовой компрессор FUSHENG SRT 415 при  $t_0 = -46^\circ\text{C}$  и  $t_k = +45^\circ\text{C}$  имеет холодопроизводительность 118 кВт при энергопотреблении 104 кВт.

#### Оптимизация схемы охлаждения путем снижения температуры в морозильном аппарате

В случае понижения температуры воздуха в морозильном аппарате с  $-30$  до  $-40^\circ\text{C}$  (при неизменной скорости движения воздуха для мясного или рыбного продукта с определяющим размером 3 см) время замораживания единицы продукции сокращается на 20 %, что существенно влияет на

качество продукции (табл. 1). Это объясняется тем, что при более низких температурах значительно возрастает количество центров начала кристаллизации воды и кристаллы в конце процесса имеют более мелкий размер, что уменьшает повреждение клеточных структур продукта. Также сокращается диффузия солей и микроэлементов в межклеточном и внутриклеточном пространстве.

Таблица 1  
Зависимость времени замораживания мясных и рыбных продуктов с определяющим размером 3 см от температуры воздуха в морозильном аппарате

Температура, $^\circ\text{C}$	-25	-30	-35	-40	-45
Время, ч	1,3	1	0,9	0,8	0,7

Для аппаратов закаливания мороженого снижение температуры воздуха с  $-30$  до  $-40^\circ\text{C}$  при скорости движения воздуха 3 м/с и определяющем размере продукта 10 см позволяет сократить время закаливания единицы продукции с 0,9 до 0,6 ч (табл. 2), что обеспечивает значительное улучшение гомогенности продукта и увеличение сроков его хранения без потерь качества. Очень важно то, что этого можно достичь без увеличения удельных энергозатрат на единицу выпускаемой продукции.

Таблица 2  
Зависимость времени закаливания мороженого с определяющим размером 10 см от температуры воздуха в камере

Температура, $^\circ\text{C}$	-25	-30	-35	-40	-45
Время, ч	1,3	0,9	0,7	0,6	0,5

#### Заключение

Серия компрессоров FUSHENG SRT включает в себя 6 моделей с объемной производительностью первой ступени от 120 до 759 м<sup>3</sup>/ч и второй ступени от 50 до 300 м<sup>3</sup>/ч. Компрессоры предназначены для работы с фреонами R22, R404A, R507, R448A и R449A. В диапазоне температур кипения  $-20\dots-60^\circ\text{C}$  для фреона R22 и  $-25\dots-65^\circ\text{C}$  для фреонов R404A и R507 диапазон температуры конденсации составляет  $+30\dots+55^\circ\text{C}$ .

Все двухступенчатые винтовые компрессоры FUSHENG SRT в стандартной модификации идеально подходят для установки на рыболовеческих судах для шоковой заморозки свежевывловленной рыбы.

Получить более подробную информацию о компрессорах FUSHENG можно у официального дистрибьютора Fusheng Industrial Co Ltd – компании ООО «ИНРЕФ».  
Тел.: +7 (499) 394-19-92, e-mail: info@fusheng.su, www.fusheng.su, www.fusheng.com