



**ФГБОУ ВПО «Уральский государственный
экономический университет»**

Холодильная техника и технология

Температура

Температура – мера внутренней энергии тела

Температура характеризует тепловую энергию, принадлежащую объекту, которая является кинетической энергией хаотического движения частиц.

Чем **меньше** у объекта тепловой энергии, тем он **холоднее** и чем больше - тем **выше** его температура. Если бы было возможно охладить систему до абсолютного нуля, все движения частиц в образце вещества прекратилось бы.

История развития холодильной техники

! **Использование холода** – лучший способ консервирования скоропортящихся товаров.

В древние времена использовали лед и снег, а затем смеси льда с солью, что позволило получить температуры ниже 0°C .

В XIX веке появились промышленные холодильные машины. Первая холодильная машина была изобретена **в 1834 г.** англичанином Перкинсоном. В качестве холодильного агента был применен этиленовый эфир.

В России стране холодильные машины в промышленном масштабе впервые были применены **в 1888 г.** на рыбных промыслах в Астрахани.

Применение холода

Холодильное оборудование применяют во многих отраслях народного хозяйства для получения температур **ниже температуры окружающей среды:**

- **в химической промышленности:** производство аммиака, удобрений и ряда синтетических материалов;
- **в машиностроении** — для низкотемпературной закалки металлов;
- **в строительстве** — для замораживания грунта и охлаждения бетона;
- создание искусственного климата в закрытых помещениях (кондиционирование воздуха) и искусственные ледяные катки.
- **фармакология и медицина:** анестезия, хранение тканей и органов

Применение холода

Применение холода дает возможность:

– **продлить сроки хранения** скоропортящихся продуктов;

(при низких температурах развитие микроорганизмов в продуктах замедляется или прекращается, сохраняются первоначальные свойства и качества продуктов – их внешний вид, вкус, цвет, запах, питательность, не разрушаются витамины).

– **устранить сезонность** в продаже некоторых видов товаров;

– **снизить потери,**

– перевозить продукты на **дальние** расстояния,

– создать **непрерывную холодильную цепь** от производства до потребителя.

Охлаждение

Охлаждение — это процесс создания холода или понижение температуры. Может быть достигнуто путем отвода тепла от системы, или помещением системы в среду **с более низкой** температурой.

Нижняя граница — **абсолютный ноль**, определяется как $0\text{ }^{\circ}\text{K}$ по шкале Кельвина (по абсолютной термодинамической температурной шкале). Это соответствует **$-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$** на шкале Цельсия, **$-459,67\text{ }^{\circ}\text{F}$** на шкале Фаренгейта.

Способы охлаждения

Естественное – температура продуктов понижается до температуры воздуха или воды естественным путем.

Искусственное – применяется для получения более низких температур. Для этого используются физические процессы изменения агрегатного состояния тела, связанные с отнятием тепла – плавление, сублимация, кипение.

Способы охлаждения

Ледяной – основан на свойстве водного льда, при таянии поглощать теплоту из окружающей среды.

Используют:

– **естественный лед** (получают при низких температурах окружающего воздуха, заготавливают из водоемов, где он намерзает в зимний период и путем намораживания его на горизонтальных площадках во время морозов);

– **искусственный водный лед** (получают с помощью холодильных машин – льдогенераторов).

Способы охлаждения

Достоинства охлаждения с помощью льда:

- простота,
- низкая стоимость,
- отсутствие затрат на электроэнергию.

Недостатки:

- повышенная влажность,
- трудность поддержания определенной температуры внутри охлаждаемого объема.
- высокая температура в охлаждаемых объемах (выше 0°C обычно $+6^{\circ}\text{C}$)

Эта температура достаточна для охлаждения и кратковременного хранения напитков, соков, пива, хранения зелени и некоторых овощей.

Наиболее простым и распространенным устройством для охлаждения льдом – являются **ледники**.

Способы охлаждения

Льдосоляной – к водному льду добавляется соль, вследствие чего температура его таяния понижается.

Чем **больше** соли, тем **ниже** температура смеси (но до определенного предела).

Наиболее низкая температура (**минус 21,2°С**) при концентрации соли (по массе) **23,1%**. Обычно в оборудовании лед и соль загружаются слоями.

Недостаток: высокая степень коррозии емкостей и оборудования

Способы охлаждения

Эвтектическим льдом – в охлаждаемый объем устанавливается герметичный сосуд, в котором находится эвтектический лед.

Эвтектический лед – водный раствор некоторых солей с концентрацией, соответствующей минимальной температуре замерзания раствора.

Температура и теплота плавления определяются видом эвтектического льда. После оттаивания льда эти сосуды отправляют на повторную зарядку.

Температура при таком охлаждении может поддерживаться до **минус 6 °С**.

Способы охлаждения

Сухим льдом – основан на свойстве твердой углекислоты сублимировать, т.е. при поглощении тепла переходить из твердого состояния в газообразное, минуя жидкое.

Этот процесс при атмосферном давлении происходит при температуре **минус 79,9° С.**

Преимущества:

- охлаждающее действие **в 3...4 раза** быстрее;
- отсутствует влага.

! При пользовании сухим льдом следует соблюдать осторожность **во избежание обмороживания.**

Способы охлаждения

Термоэлектрическое охлаждение – основано на свойстве полупроводников нагреваться и охлаждаться при прохождении через них электрического тока

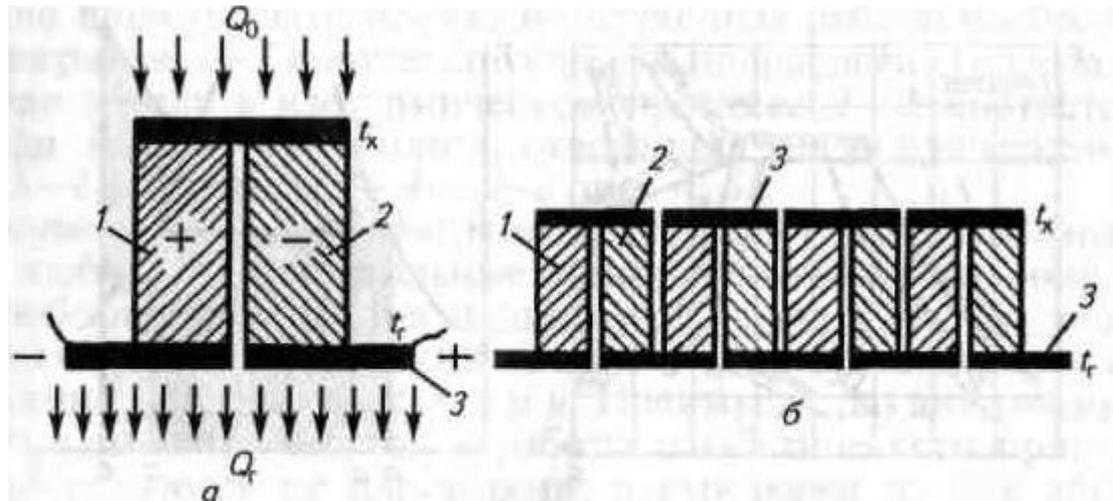


Рис. 3. Термоэлектрическое охлаждение:

a — полупроводниковый термоэлемент; b — термобатарея

Способы охлаждения

Машинный способ охлаждения – основан на свойстве некоторых веществ кипеть при низких температурах и поглощать при этом тепло из окружающей среды. Эти вещества называют **холодильными агентами**.

Машинное охлаждение имеет ряд преимуществ:

- автоматическое поддержание **постоянной температуры** хранения, в зависимости от вида продуктов;
- высокий удельный вес использования полезной емкости для охлаждения;
- **низкие затраты** на эксплуатацию, техническое обслуживание и ремонт;
- удобство пользования и создание необходимых санитарно-гигиенических условий хранения продуктов.

Физические основы получения холода

Охлаждение нагретого тела до температуры окружающей среды происходит **естественным путем**.

Задача холодильной техники: обеспечить охлаждение тела до температуры, **ниже, чем температура окружающей среды**.

Для измерения количества холода установлена спец. единица: большая калория (килограмм-калория/**килокалория**).

-количество теплоты, необходимое для нагревания **1 кг** воды на **1 °С** (при нормальном атмосферном давлении).

- В Международной системе (СИ) – единая мера энергии **джоуль**.

$$1 \text{ ккал} = 4186,8 \text{ Дж} (4,1868 \text{ кДж})$$

Физические основы получения

холода

К основным физическим процессам, при котором происходит фазовый переход вещества, относят: **плавление, конденсация, испарение, сублимация, кипение.** Именно эти процессы лежат в основе получения **низких температур.**

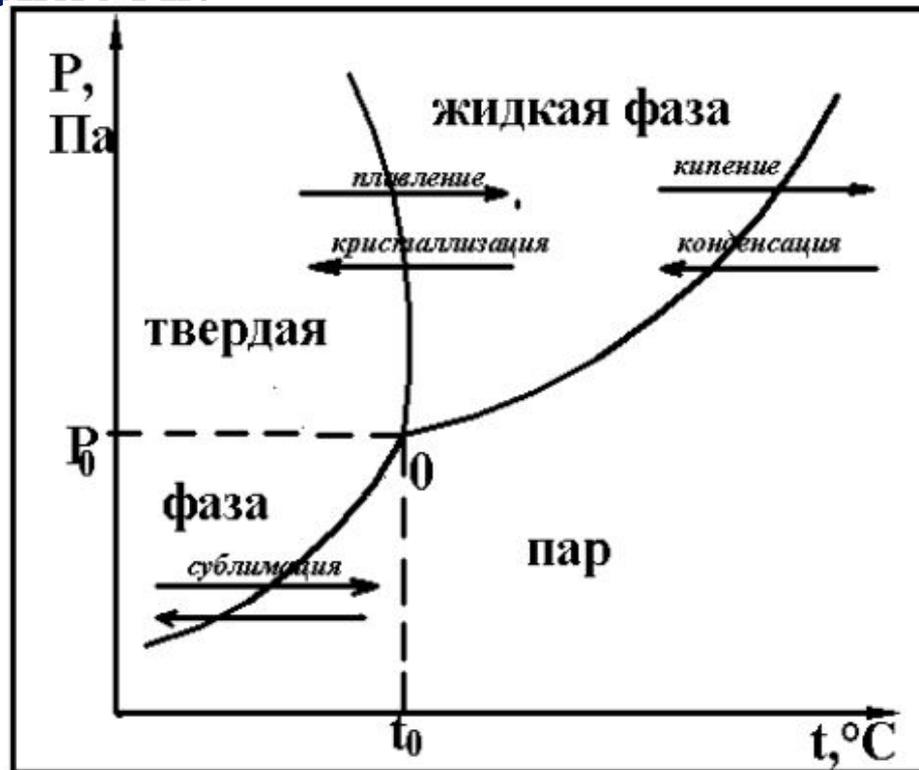


Рис. 1.1. Фазовая диаграмма воды

Физические основы получения холода

Удельная теплоемкость – количество теплоты, которую необходимо затратить для нагревания/**охлаждения** 1 кг вещества на 1°C .

Удельная теплоёмкость воды $c = 4,2 \text{ кДж/кг}\cdot^{\circ}\text{C}$;

Удельная теплоемкость пищевых продуктов: $c = 2,5 - 3,8 \text{ кДж/кг}\cdot^{\circ}\text{C}$

Свойства льда:

- температура плавления при атмосферном давлении 0°C ;
- r = теплота плавления **335 кДж/кг** (80 ккал/кг);
- c удельная теплоемкость **2,1 кДж/кг}\cdot^{\circ}\text{C}**

Физические основы получения холода

Плавление

При переходе из твердого состояния в жидкое лёд плавится и **отнимает** от окружающей среды тепло, равное **теплоте плавления** (r = теплота плавления **1 кг** льда **335 кДж/кг** или **80 ккал/кг**);

Отводимая (поглощаемая) теплота Q , кДж:

$$Q = M \cdot r,$$

где M – масса вещества, кг,

r – скрытая (удельная) теплота плавления, кДж/кг.

Физические основы получения холода

Кипение

Кипение – процесс интенсивного парообразования на поверхности нагрева при подводе теплоты. При **100 °С** и **P = 1 атм** вода кипит и поглощает **2257 кДж/кг**.

$r = 2257 \text{ кДж/кг}$ является скрытой **теплотой парообразования**. Кипение однородного вещества происходит при постоянной температуре, зависящей от давления.

Например, при атмосферном давлении **P = 0,1 МПа** температура кипения фреона R22 равна **t = – 40,5 °С**, а при **P = 1,2 МПа** температура кипения составляет **t ≈ 24 °С**.

Кипящую жидкость в холодильной технике называют **холодильным агентом**

Физические основы получения холода

Кипение: с уменьшением ↓ давления, температура кипения холодильного агента **уменьшается** ↓, с увеличением ↑ - **растет** ↑.

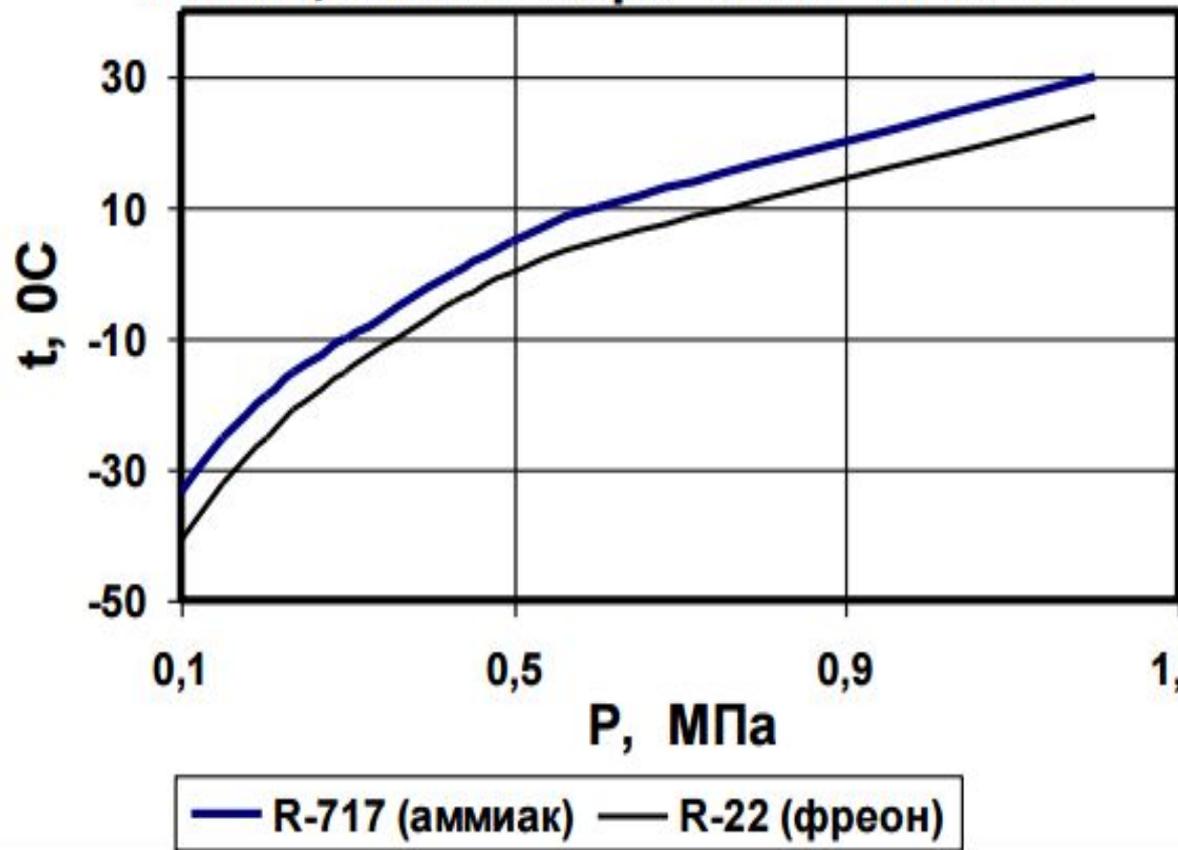
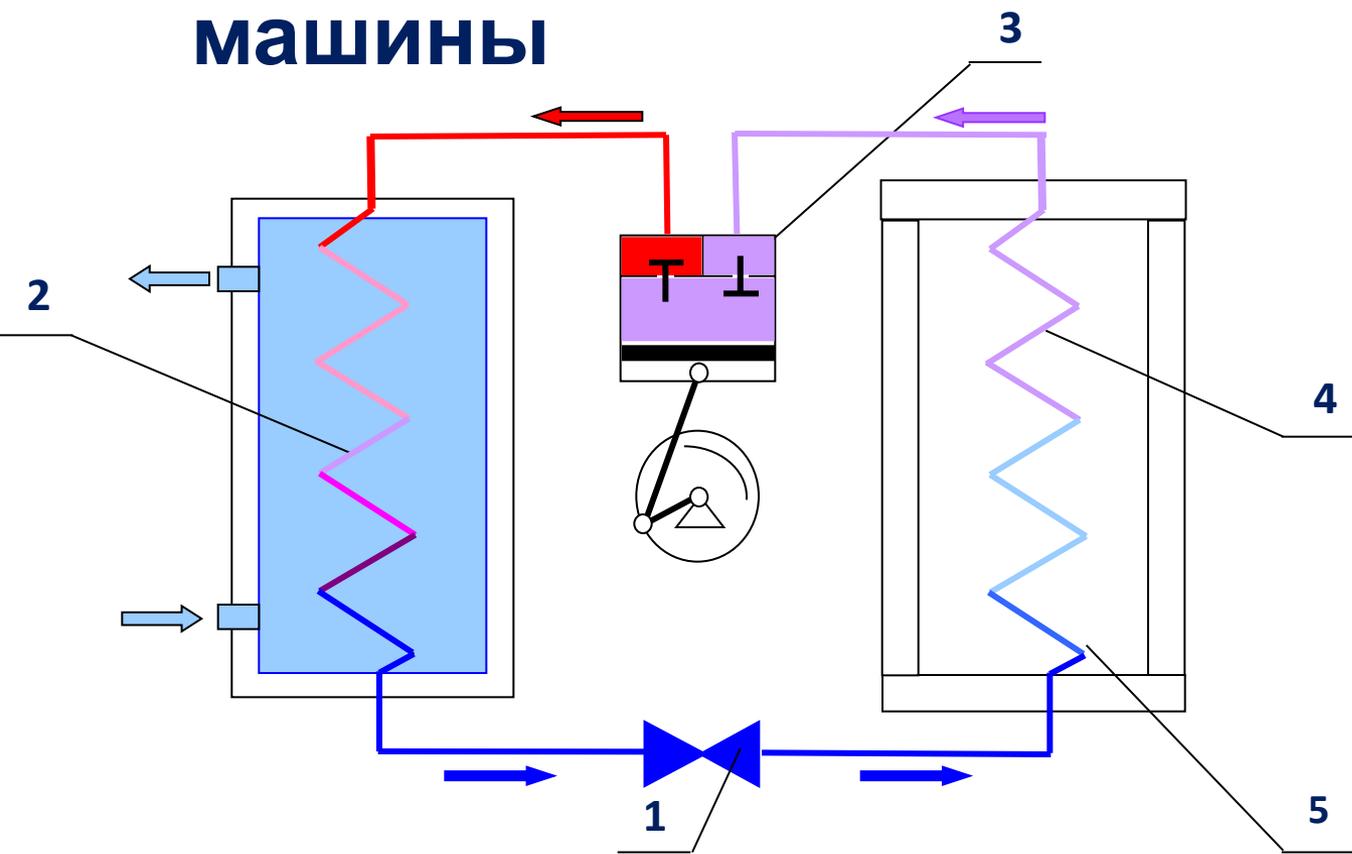


Схема компрессионной холодильной машины



- 1 – терморегулирующий вентиль;
- 2 – конденсатор;
- 3 – компрессор;
- 4 – испаритель;
- 5 – охлаждаемый объём



жидкий холодильный агент



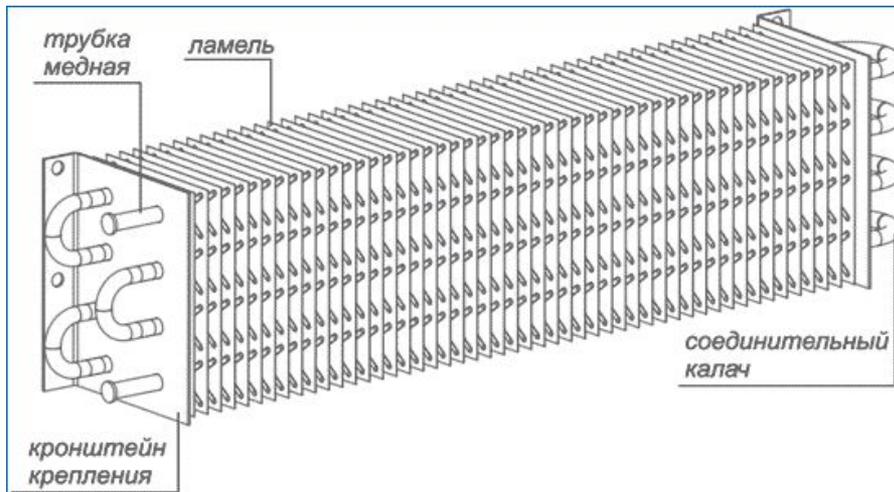
охлажденные пары холодильного агента



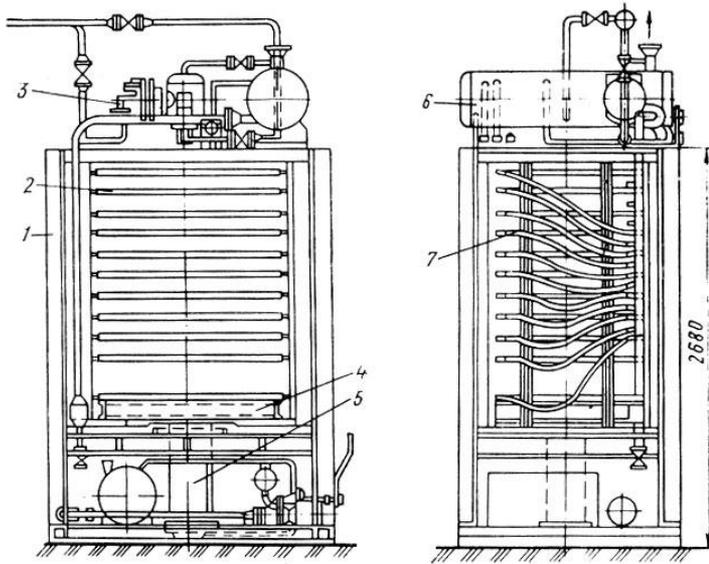
горячие пары холодильного агента

Испаритель

Испаритель – это теплообменный аппарат, который служит для **охлаждения среды в камере**. В испарителе холодильный агент кипит и превращается в пар, **отбирая теплоту** q от охлаждаемого объема (воздуха или жидкости).



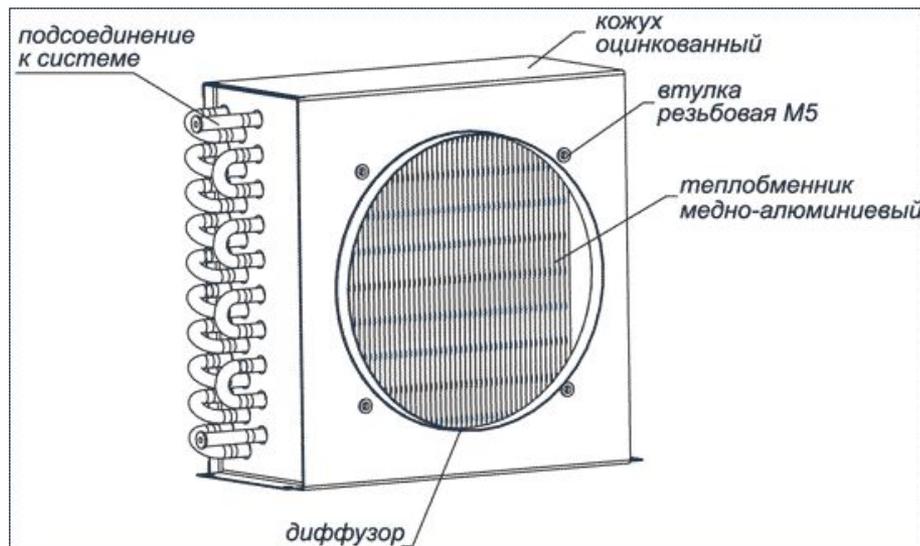
Плиты-испарители



Конденсатор

Конденсатор – это теплообменный аппарат, в котором горячие пары холодильного агента **отдают свою теплоту воздуху помещения**. В результате, температура паров **понижается** до температуры конденсации, которая обычно на 8-12° выше температуры воздуха помещения.

При дальнейшем охлаждении пары хладона отдают скрытую теплоту парообразования r при постоянной температуре и превращаются в жидкость. Затем жидкий холодильный агент через терморегулирующий вентиль (ТРВ) поступает в испаритель.



Устройство ТРВ

Терморегулирующий вентиль (ТРВ) – это автоматический прибор, который регулирует заполнение испарителя жидким холодильным агентом.

Ос
доступ
темпер
темпер
открыв

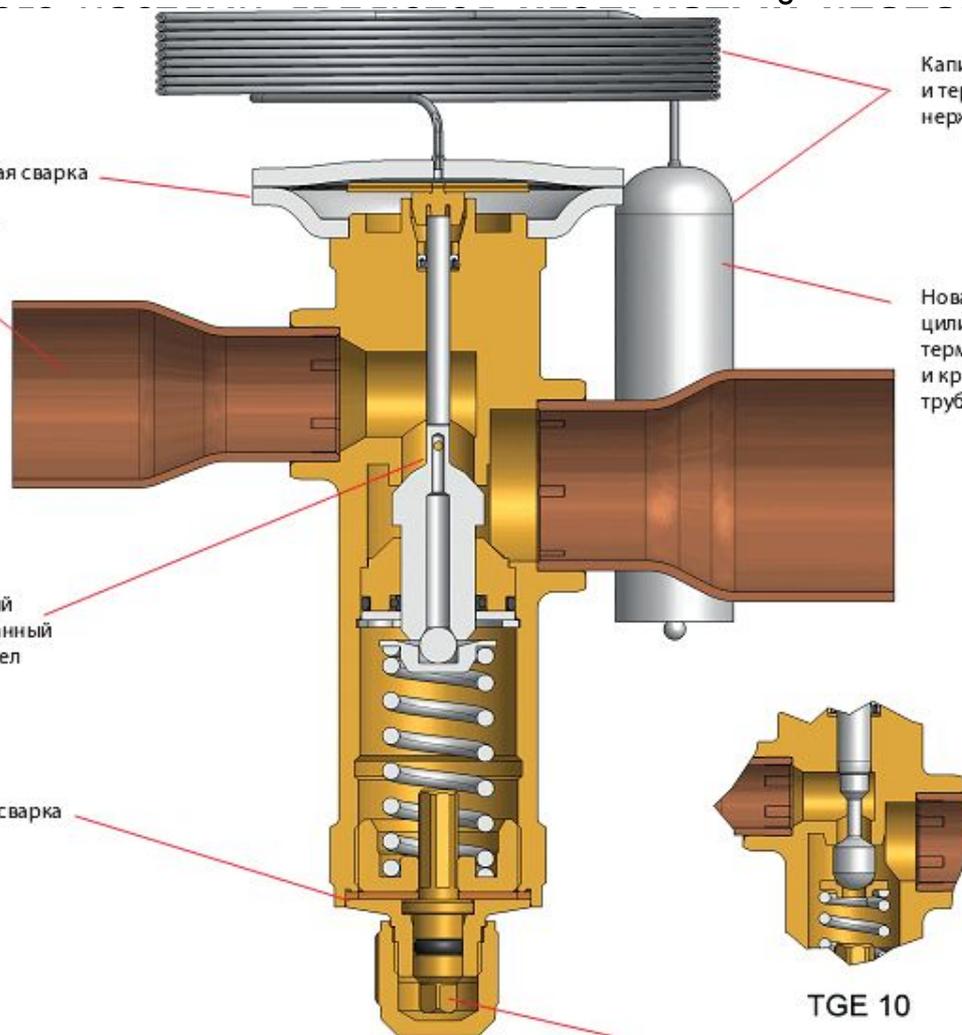
Конструкция

Штуцеры под сварку
или отбортовку

Незаменяемый
сбалансированный
клапанный узел

Лазерная сварка

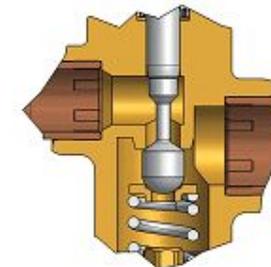
Лазерная сварка



Капиллярная трубка
и термобаллон из
нержавеющей стали

Новая конструкция
цилиндрического
термобаллона
и крепления к
трубопроводу

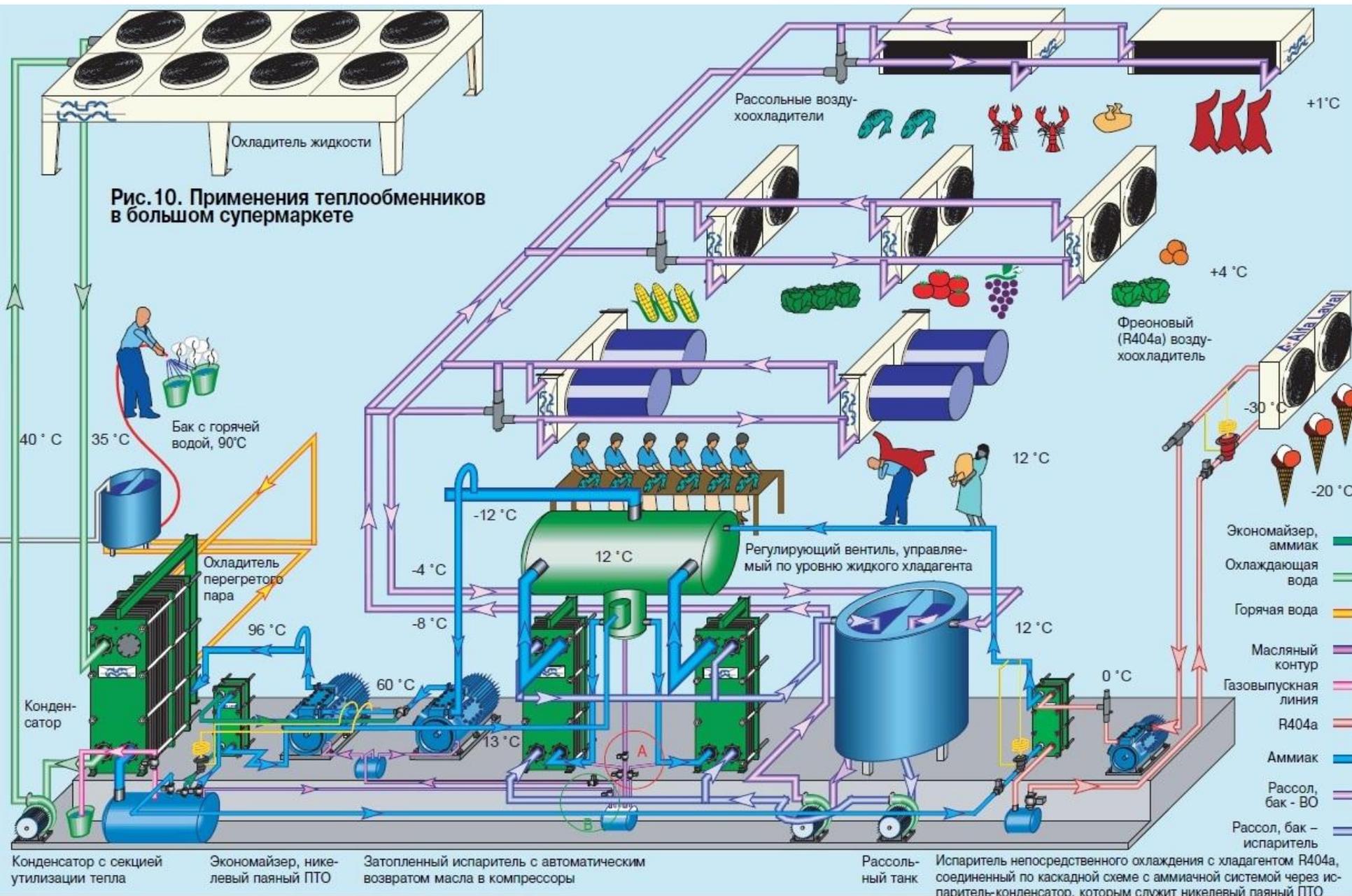
ывающий
дядщий за
ышении
атически



TGE 10

TGE 20-40

Простая настройка



Конденсатор с секцией утилизации тепла

Экономайзер, никелевый паяный ПТО

Затопленный испаритель с автоматическим возвратом масла в компрессоры

Рассольный бак

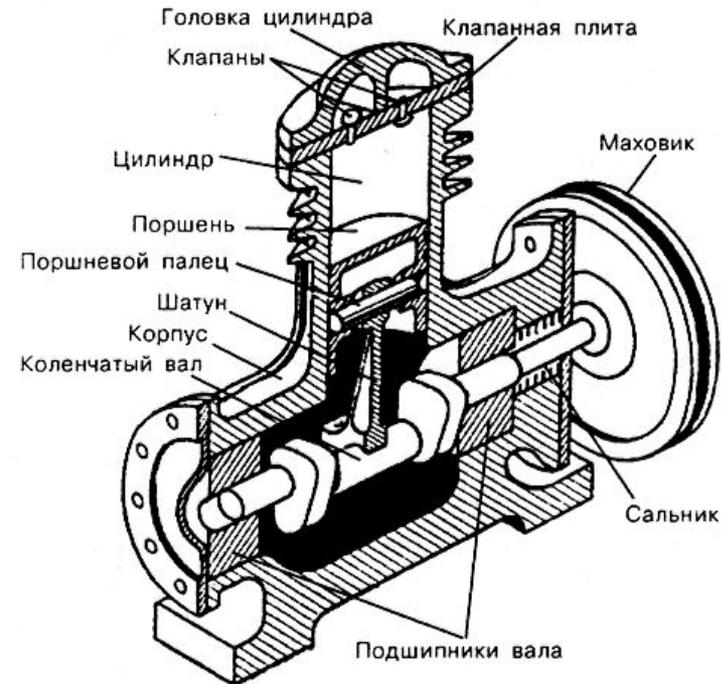
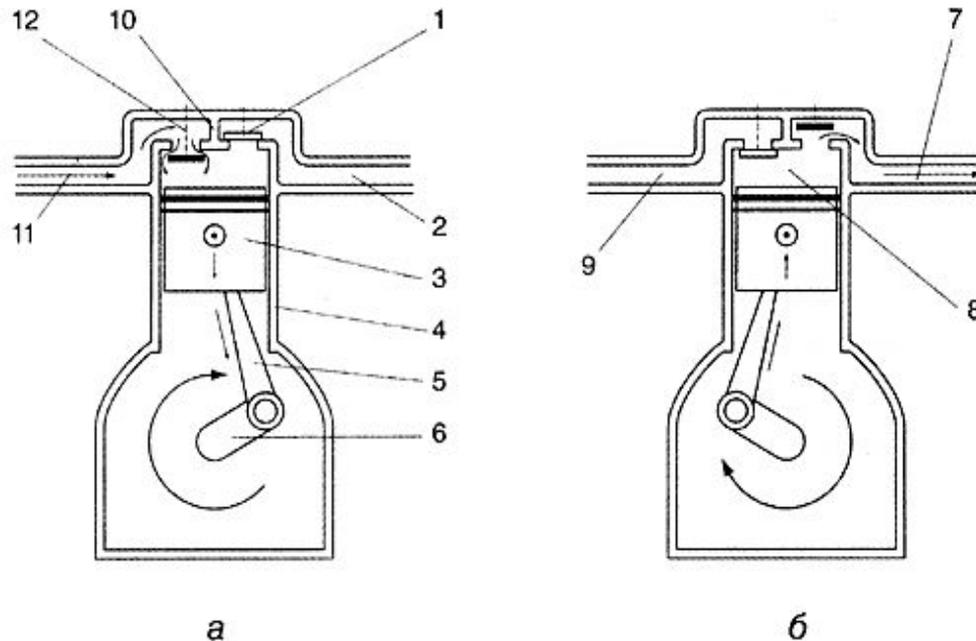
Испаритель непосредственного охлаждения с хладагентом R404a, соединенный по каскадной схеме с аммиачной системой через испаритель-конденсатор, которым служит никелевый паяный ПТО

Элементы компрессионной холодильной

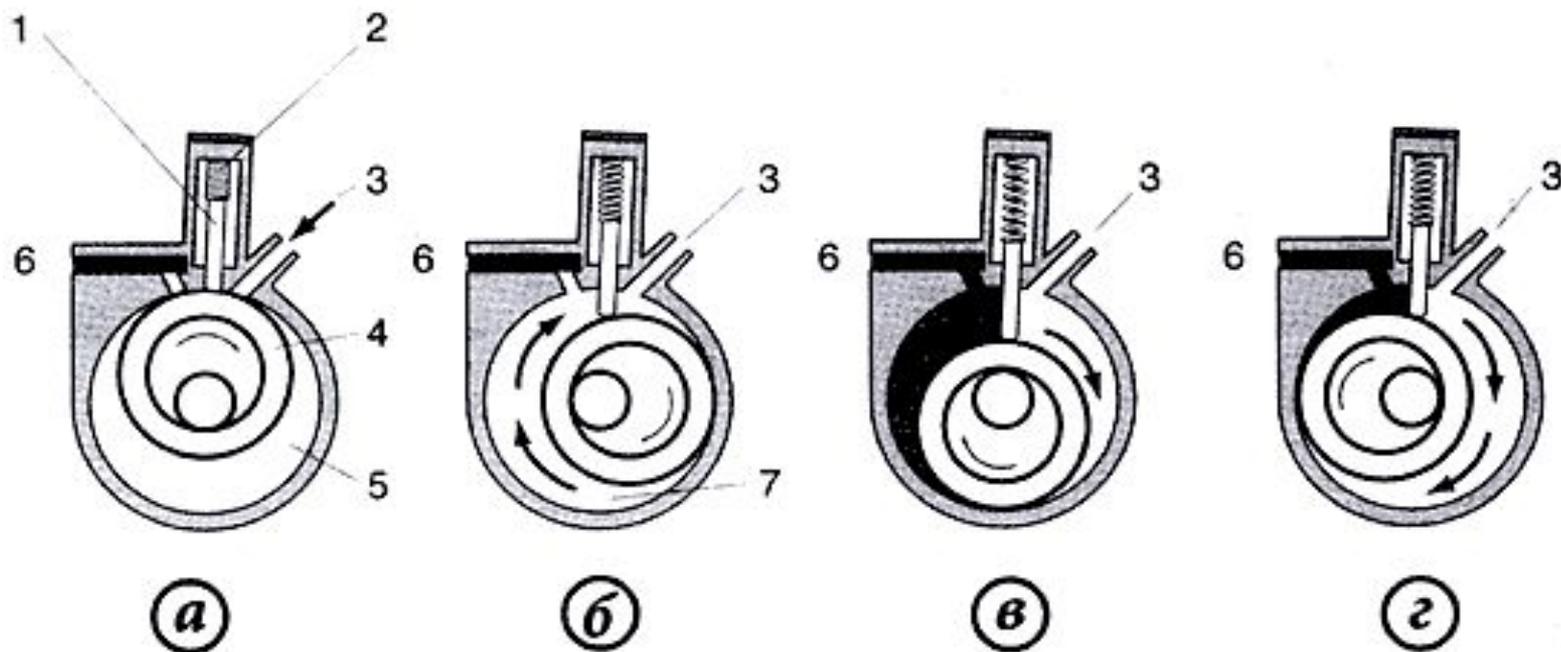
машины

Компрессор служит для непрерывного отсасывания холодных паров хладона из испарителя, сжатия их и нагнетания в конденсатор. (существуют герметичные и полугерметичные)

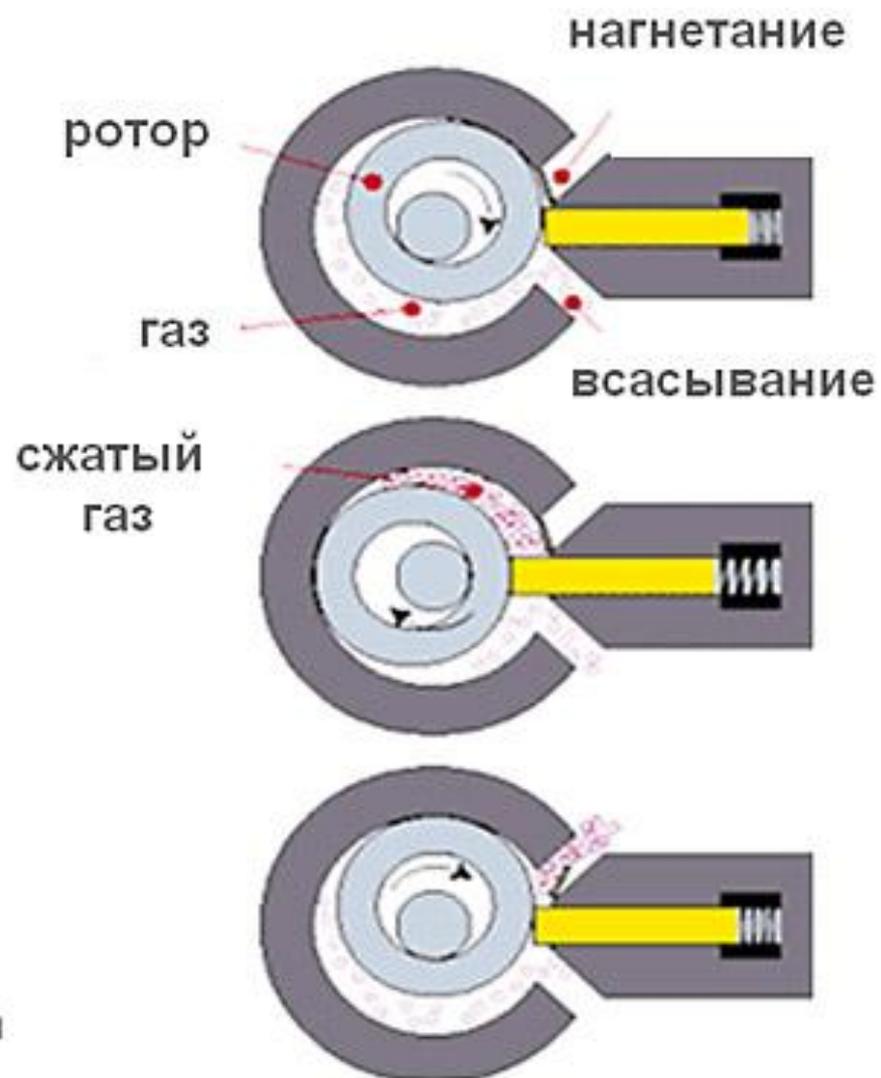
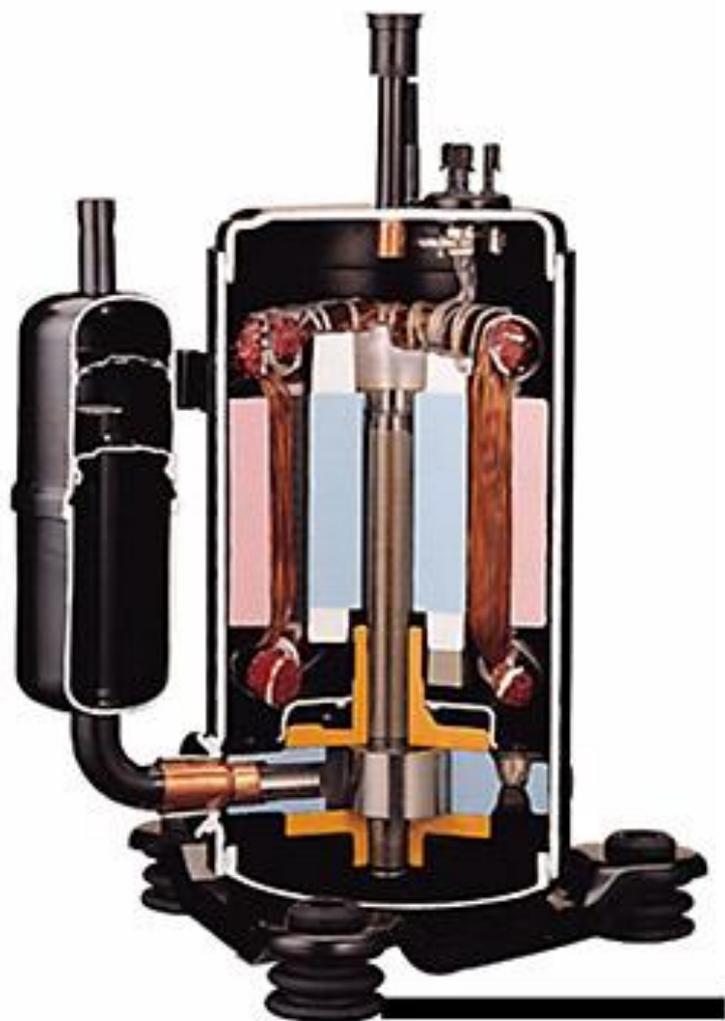
Поршневые компрессоры - работа совершается за счет сжатия холодильного агента поршнем в цилиндре



Ротационные компрессоры



Ротационные компрессоры



Спиральные компрессоры



Вспомогательные аппараты холодильных машин

РЕСИВЕРЫ

Предназначены для:

- приема и хранения жидкого хладагента из конденсаторов;
- равномерной раздачи его по испарительным системам.



РЕСИВЕРЫ - это герметичные стальные вертикальные или горизонтальные цилиндрические сосуды



В ресивере хранится запас холодильного агента, обеспечивающий длительную работу холодильной машины при незначительных утечках. При транспортировании или ремонте холодильной машины весь запас холодильного агента можно хранить в ресивере.

Вспомогательные аппараты холодильных машин

МЕХАНИЧЕСКИЕ ФИЛЬТРЫ

Предназначены для:

улавливания загрязнений, остающихся в системе холодильной машины или появляющихся в процессе эксплуатации

Фильтры бывают жидкостными и паровыми



Жидкостные фильтры устанавливают на линии жидкого хладагента. Обязательно устанавливают такие фильтры перед дросселирующими устройствами: ТРВ, капиллярные трубки.

Паровые фильтры устанавливают перед компрессором на стороне всасывания.

Фильтры изготовляют в виде отдельных устройств или совмещают с другими элементами холодильных машин (ресиверами, компрессорами, ТРВ, осушителями).

Вспомогательные аппараты холодильных машин

осушители (фильтры-осушители)

Предназначены для:

для удаления влаги, попадающей в холодильную систему

Осушитель представляет собой герметичный корпус, заполненный веществом поглощающим воду (силикагелем или цеолитом).

Устанавливают осушители до регулирующего вентиля на линии жидкого хладагента.



Фильтры и фильтры-осушители поддерживают чистоту холодильного контура и поглощают воду, кислоту и твердые примеси, т.к. последствиями загрязнения являются коррозия и замерзание воды, а также повышенный износ или поломка компрессора и других компонентов холодильной системы.

Вспомогательные аппараты холодильных машин

ОТДЕЛИТЕЛИ ЖИДКОСТИ

Предназначены для:

- защиты компрессора от гидравлического удара



Представляют собой вертикальные стальные цилиндрические емкости

Используются в качестве резервуара для временного задержания избытка смеси масла и хладагента, выходящей из испарителя, и возврата ее на уровне, безопасном для компрессора

Отделители жидкости используют в машинах, имеющих схему оттаивания снеговой шубы горячими парами холодильного агента



Вспомогательные аппараты холодильных машин

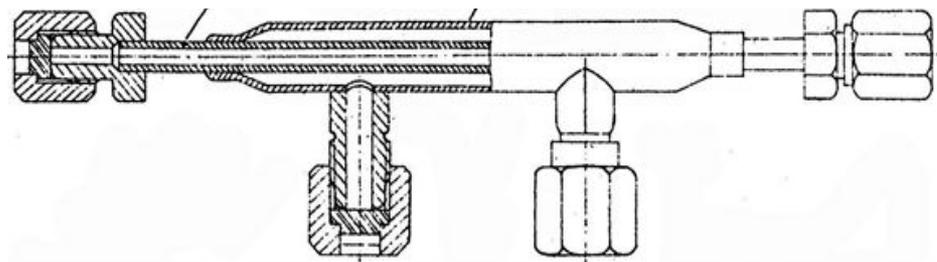
ТЕПЛООБМЕННИКИ

Предназначены для:

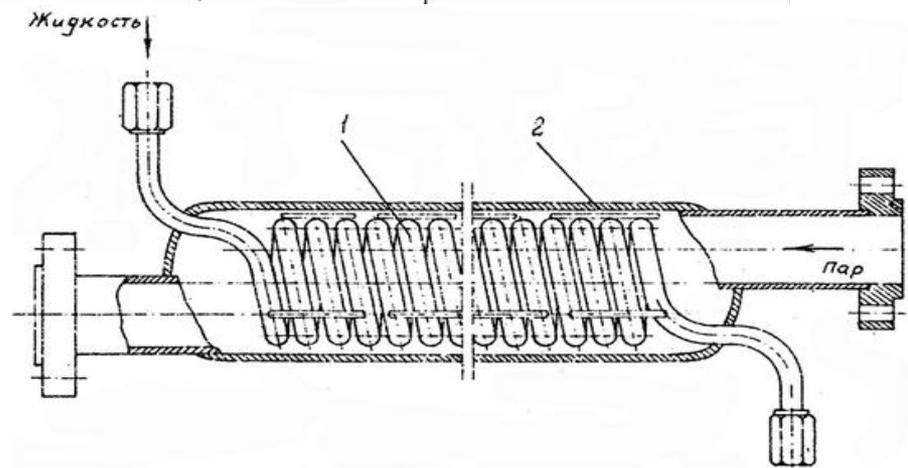
переохлаждения жидкого хладагента перед ТРВ парообразным холодильным агентом, поступающим из испарителя в компрессор



Конструктивно теплообменник может быть оформлен **в виде двух труб**, имеющих хороший тепловой контакт друг с другом



Для более крупных холодильных машин применяют **кожухозмеевиковые, пластинчатые** и другие конструктивные разновидности теплообменников



Вспомогательные аппараты холодильных

машин

ПРИБОРЫ АВТОМАТИКИ

Обеспечивают

- пуск и остановку холодильной машины;
- защиту ее от перегрузок;
- поддержание заданного температурного режима в охлаждаемой среде;
- оптимальное заполнение испарителя холодильным агентом;
- своевременное оттаивание снеговой шубы с испарителей.



Реле давления используются как для регулирования давления, так и **для защиты от низкого или высокого давления.**

Для защиты компрессора реле обеспечивают аварийное отключение компрессора по низкому или высокому давлению.

Реле низкого и высокого давления

Вспомогательные аппараты холодильных машин

ПРИБОРЫ АВТОМАТИКИ



Электронный регулятор уровня масла

Электронный регулятор уровня масла обеспечивает автоматическое регулирование уровня масла в компрессоре, а также аварийную сигнализацию низкого уровня масла и аварийное отключение компрессора.



Электромагнитные клапаны

Соленоидные вентили (электромагнитные клапаны) используются для перекрытия потока на жидкостной, всасывающей или нагнетательной магистралях.

ХОЛОДИЛЬНЫЕ АГЕНТЫ

Рабочие вещества холодильных машин по международному стандарту ISO № 817-74 обозначаются буквой R с добавлением индивидуального для каждого вещества цифрового обозначения.

Холодильные агенты **должны иметь:**

- высокую теплоту парообразования,
- малый удельный объем паров, образующихся при кипении,
- низкую температуру кипения,
- высокую теплопроводность,
- малую вязкость и пр.

Холодильные агенты **не должны быть:**

- взрывоопасными,
- легко воспламеняемыми,
- ядовитыми.

ХОЛОДИЛЬНЫЕ АГЕНТЫ

В холодильном оборудовании общественного питания и торговли наиболее широко **применяются хладоны** (в промышленности получают путем замещения в молекуле углеводородов (метан CH_4 , этан C_2H_6 и др.) атомов водорода атомами фтора, хлора. В результате этого получают низкокипящие соединения с новыми свойствами).

Для обозначения хладонов принята общая формула: **R mnl**,
где **m** – количество атомов углерода минус 1 (0 не пишется);
n – количество атомов водорода плюс 1;
l – количество атомов фтора.

Важную роль играет **стоимость хладонов**. Наиболее отвечающими этим требованиям являются:

хладон-12 (R-12) - заменяется гидрофторуглеродным соединением **R134a**,

хладон-22 (R-22) - заменяется гидрофторуглеродным соединением **R407C / R290**,

хладон-502 (R-502) – заменяется **R404A**,
аммиак (R-717).

ХОЛОДИЛЬНЫЕ АГЕНТЫ

Хладон-12 (дифтордихлорметан CF_2CL_2):

- тяжелый, бесцветный газ с очень слабым специфическим запахом,
- не влияет на вкус и запах пищевых продуктов,
- в газообразном состоянии в 4,2 раза тяжелее воздуха,

в жидком состоянии при атмосферном давлении кипит при температуре **минус 29,8°C**, замерзает при температуре **минус 155°C**.

Хладон-12 в смеси с воздухом:

невзрывоопасен,

относительно безвреден для человека.

ХОЛОДИЛЬНЫЕ АГЕНТЫ

При содержании **хладона-12** в помещении около 30% по объему ощущается головная боль, слабость из-за недостатка кислорода.

Кроме того при нагревании хладона-12 свыше 400°C выделяются ядовитые вещества (фосген и др.).

Вода в хладоне-12 не растворяется, но самое незначительное содержание воды вызывает коррозию и, замерзая, приводит к образованию ледяных пробок.

Хладон-12 применяют в среднетемпературных холодильных машинах для создания температуры в пределах от минус 5°C до плюс 8°C.

В помещениях, где находятся хладоновые машины не разрешается курение и использование открытого пламени.

Кроме чистых хладонов широко применяются смеси:

- азеотропные (состоящие из двух и более холодильных агентов), которые кипят и конденсируются при постоянной температуре, как однородные вещества;
- неазеотропные (характеризуются разделением равновесных концентраций компонентов в жидкой и газовой фазах, кипение и конденсация этих смесей происходит при переменных температурах)
- Углеводородные соединения (такие, как пропан, изобутан и т. д. крайне пожароопасные);
- **Аммиак R717;**
- **Воздух R729;**
- **Вода R718 и др.**