

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО БРЯНСКИЙ ГАУ

**Х.М. Исаев, А.И. Купреенко,  
С.М. Михайличенко, С.Х. Исаев**

# **Холодильное и вентиляционное оборудование**

**Раздел  
Холодильное оборудование**

**Учебно-методические указания  
для выполнения лабораторных работ  
по направлению 35.03.06 Агроинженерия, профиль  
Технологическое оборудование для хранения и переработки  
сельскохозяйственной продукции, очной и заочной формы  
обучения**

Брянская область, 2021

УДК 621.56 (076)

ББК 31.392

X 71

Холодильное и вентиляционное оборудование. Разд. Холодильное оборудование: учебно-методические указания для выполнения лабораторных работ по направлению 35.03.06 Агроинженерия, профиль Технологическое оборудование для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, очной и заочной формы обучения / Х. М. Исаев, А. И. Купреенко, С. М. Михайличенко, С. Х. Исаев. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2021. – 56 с.

В настоящем методическом указании представлены основные методические материалы к лабораторным занятиям по холодильному и вентиляционному оборудованию, предназначенные для студентов, обучающихся по направлению 35.03.06 Агроинженерия, профиль Технологическое оборудование для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, очной и заочной формы обучения.

Рецензент:

А.И Куличенко – к.т.н., доцент кафедры Технологического оборудования животноводства и перерабатывающих производств.

*Рекомендовано к изданию методической комиссией инженерно-технологического института Брянского ГАУ, протокол №3 от 25 октября 2021 года.*

© Брянский ГАУ, 2021

© Исаев Х.М., 2021

© Купреенко А.И., 2021

© Михайличенко С.М., 2021

© Исаев С.Х., 2021

## Содержание

Введение	4
Правила выполнения лабораторных работ	6
Лабораторная работа № 1. Системы непосредственного охлаждения холодильных камер с использованием малых хладоновых холодильных машин.	7
Лабораторная работа № 2. Система рассольного охлаждения холодильных камер.	22
Лабораторная работа № 3. Компрессоры холодильных машин.	35
Лабораторная работа № 4. Приборы автоматики холодильных машин.	46
Литература	55

## Введение

В сохранении качества продукции большая роль принадлежит холодильному хозяйству.

Увеличение общего объема продукции сельского хозяйства (особенно продуктов животного происхождения) и дальнейшее развитие оптовой и розничной торговли может быть основано на рациональном использовании холодильного оборудования и применении современной холодильной технологии.

Большинство продуктов питания являются скоропортящимися и не могут выдержать длительного хранения без замедления в них биохимических процессов. Поэтому роль товароведа состоит в том, чтобы такие скоропортящиеся продукты были доведены до потребителя с сохранением хорошего товарного вида, высоких вкусовых достоинств и питательной ценности на основе широкого применения искусственного холода.

Современная торговля немыслима без применения искусственного (машинного) холода. В связи с этим специалист по товароведению продовольственных товаров должен иметь четкое представление о способе получения искусственного холода посредством холодильных машин и быть достаточно хорошо осведомлен об использовании холода для охлаждения, замораживания, хранения и транспортировки пищевых скоропортящихся продуктов.

Курс «Холодильное и вентиляционное оборудование» является одной из специальных, профилирующих дисциплин учебного плана направления подготовки 35.03.06 Агроинженерия, профиль Технологическое оборудование для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции. По своему содержанию он представляет собой комплексный предмет, охватывающий широкий круг вопросов производства и применения искусственного холода. В нём излагаются теоретические основы машинного охлаждения, рассматриваются типичные для предприятий торговли и массового питания холодильные машины и аппараты, приборы автоматики, холодильники,

торговое холодильное оборудование, устройства ледяного и льдосоляного охлаждения. При изучении курса рассматриваются процессы, происходящие при холодильной обработке и хранении сырья и продуктов питания, а также холодильный транспорт.

При осуществлении процессов холодильной обработки и хранения скоропортящихся пищевых продуктов необходим контроль состояния продукта и условий среды, в которой эти процессы протекают. Поэтому при технологическом контроле необходимо следить, чтобы параметры охлаждающей среды (температура, влажность и т. п.), а также промежуточные и конечные показатели самого продукта соответствовали требованиям холодильной технологии. Строгое соблюдение заданных режимов холодильной обработки и хранения продуктов обеспечивает сохранность их массы, вкуса и питательной ценности. Процесс холодильной обработки и хранения скоропортящихся продуктов контролируется при помощи специальных приборов местного и дистанционного измерения параметров среды как окружающей, так и самой продукции.

Настоящий лабораторный практикум предназначен для студентов дневного и заочного отделения направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия, профиль Технологическое оборудование для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции Брянского ГАУ.

## **Правила выполнения лабораторных работ**

1. Лабораторные работы выполняются в соответствии с требованиями, изложенными в данном руководстве, с дополнительным использованием рекомендованных учебников, справочников, каталогов и плакатов.

2. Во время лабораторных занятий категорически запрещается без разрешения преподавателя включать и выключать оборудование и приборы, которые установлены в лаборатории.

3. При выполнении каждой лабораторной работы студент обязан:

а) изучить по данному вопросу соответствующую литературу, рекомендованную в указаниях по каждой теме;

б) прослушать инструктаж по технике безопасности при ознакомлении с хладоновыми и аммиачными холодильными машинами;

в) представить полностью подготовленный отчет по предыдущей лабораторной работе.

4. При оформлении лабораторной работы составляется подробный отчет, в котором четко излагается цель работы, назначение данной изучаемой установки (прибора), краткое описание объекта (привести его схему) и принцип его работы. После этого описывается порядок проведения работы, составляется отчет по полученным результатам.

5. Во время защиты проделанной работы отчеты по лабораторному практикуму предъявляются преподавателю.

# ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

## 1. ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА

### Лабораторная работа № 1. Системы непосредственного охлаждения холодильных камер с использованием малых хладоновых холодильных машин

Цель работы: практическое ознакомление с устройством и принципом действия хладоновой автоматической холодильной машины, назначением и расположением ее элементов.

Объектами изучения являются холодильные машины: ФАК-0,7; ВС-0,7; ИФ-49М; ИФ- 56М.

Схема и принцип действия паровой компрессионной холодильной машины

Паровая компрессионная холодильная машина (рис. 1) состоит из четырех основных элементов: компрессора (1), конденсатора (2), регулирующего вентиля (3), испарителя (4). Они соединены друг с другом в замкнутую герметичную систему.

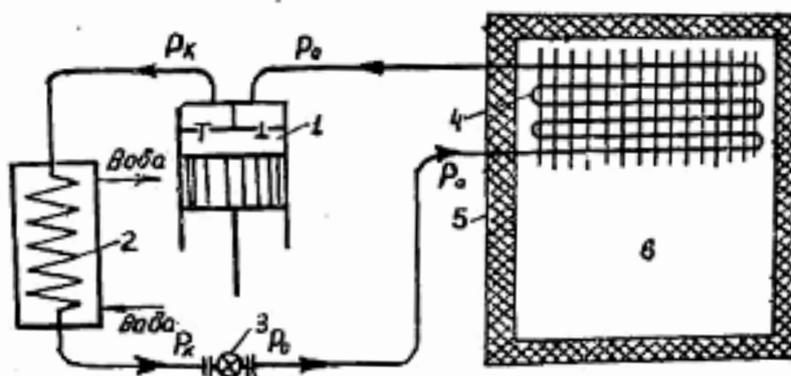


Рис. 1. Паровая компрессионная холодильная машина

1 – компрессор; 2 – конденсатор; 3 – регулирующий вентиль; 4 – испаритель; 5 – изоляция холодильной камеры; 6 – холодильная камера

Холодильная машина заполнена холодильным агентом, который при работе компрессора непрерывно циркулирует по системе, проходя последовательно компрессор, конденсатор, регулирующий вентиль и испаритель.

**Компрессор предназначается для:**

а) отсасывания паров холодильного агента из испарителя с целью поддержания в нем низкого давления ( $P_0$ ), а следовательно, и требуемой низкой температуры кипения ( $t_0$ );

б) сжатия паров холодильного агента с давления кипения ( $P_0$ ) до давления конденсации ( $P_k$ ), что сопровождается значительным повышением их температуры;

в) нагнетания сжатых перегретых паров в конденсатор.

**Конденсатор предназначается для охлаждения сжатых паров холодильного агента охлаждающей проточной водой или окружающим воздухом с целью:**

а) понижения температуры перегретых паров до температуры конденсации ( $t_k$ ) (состояния насыщения);

б) конденсации насыщенных паров (перехода в жидкое состояние) ( $t_k, P_k$ );

в) частичного переохлаждения жидкого сконденсированного холодильного агента ( $t_n$ ) перед подачей его к регулирующему вентилю (в конденсаторах с водяным охлаждением).

Все перечисленные процессы протекают в конденсаторе при постоянном высоком давлении, которое называют «давлением конденсации» ( $P_k$ ).

**Регулирующий вентиль** предназначен для дросселирования (понижения давления) и регулирования количества жидкого переохлажденного холодильного агента, поступающего из конденсатора в испаритель.

Процесс дросселирования сопровождается переходом части жидкого холодильного агента в пар, вследствие чего в испаритель он поступает при

низком давлении ( $P_0$ ) в состоянии влажного пара, т. е. смеси жидкого холодильного агента и его насыщенных паров.

**Испаритель** предназначен для охлаждения окружающей среды за счет отнятия теплоты от нее на кипение жидкого холодильного агента при низком давлении ( $P_0$ ). Охлаждаемой средой могут быть рассол или вода, используемые в свою очередь в качестве теплоносителя для охлаждения камер, либо непосредственно воздух охлаждаемых объектов.

### Принцип работы

Процесс работы паровой компрессионной холодильной машины осуществляется следующим образом.

Компрессор непрерывно отсасывает пары холодильного агента из испарителя.

В цилиндре компрессора пары сжимаются с давления кипения ( $P_0$ ) до давления конденсации ( $P_k$ ). При этом температура паров значительно повышается. В таком состоянии пары по нагнетательному трубопроводу поступают в конденсатор, где осуществляется их охлаждение, конденсация и переохлаждение образующегося жидкого холодильного агента путем отвода теплоты охлаждающей водой или воздухом.

Жидкий холодильный агент из конденсатора по жидкостному трубопроводу подается к регулирующему вентилю, с помощью которого регулируется его количественное поступление в испаритель.

В регулирующем вентиле происходит процесс дросселирования жидкого холодильного агента, в результате чего давление его падает от давления конденсации ( $P_k$ ) до давления кипения ( $P_0$ ) с частичным парообразованием и соответствующим понижением температуры.

От регулирующего вентиля парожидкостная смесь холодильного агента поступает в испаритель, где холодильный агент интенсивно кипит при

постоянном давлении ( $P_0$ ) и температуре  $t_0$  за счет тепла, поглощаемого от охлаждаемой среды.

При кипении жидкого холодильного агента образуется насыщенный пар, который осушается, а затем, проходя по всасывающему трубопроводу, перегревается.

В таком состоянии пары холодильного агента поступают в компрессор ( $t_{вс}, P_0$ ).

### **Назначение хладоновых холодильных машин**

Основными холодильными машинами, предназначенными для охлаждения шкафов, прилавков, витрин и небольших камер в предприятиях торговли и общественного питания, являются паровые компрессионные холодильные машины автоматического действия. В состав хладоновой холодильной машины, кроме четырех основных элементов, входят ресивер, фильтр, запорная арматура, приборы автоматического управления и регулирования, а в некоторых машинах также имеются теплообменники, осушители и др.

Для уменьшения занимаемой площади и облегчения монтажа компрессор с электродвигателем, конденсатор, арматура и приборы автоматики выпускаются заводами, смонтированными вместе в виде компрессорно-конденсаторного агрегата.

Для комплектации большинства типов торгового холодильного оборудования применяют агрегаты малой производительности типа В (с воздушными конденсаторами) и герметичными компрессорами. Агрегаты рассчитаны на работу при температуре окружающего воздуха от 5 до 40°C.

В оборудовании, предназначенном для хранения охлажденных продуктов, применяют агрегаты исполнения С («среднетемпературные» для температуры кипения от -25°C до -10°C), работающие на хладоне-134. Для комплектации низкотемпературного оборудования, предназначенного для хранения

мороженого и замороженных продуктов, применяют агрегаты исполнения Н («низкотемпературные» для температур кипения от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $-25^{\circ}\text{C}$ ), работающие на хладоне 22.

Агрегаты исполнения П («плюсовые» или «высокотемпературные» для температур кипения от  $-10^{\circ}$  до  $+10^{\circ}\text{C}$ ), работающие на хладоне-134.

Кроме агрегатов с герметичными компрессорами, в торговом холодильном оборудовании применяют также агрегаты типа ФАК с открытыми компрессорами.

Для охлаждения стационарных камер используют холодильные машины ИФ-49М и ИФ-56М.

### **Холодильная машина с агрегатом ФАК-0,7**

Холодильная машина с агрегатом ФАК-0,7 (рис. 2) относится к агрегатам открытого типа и предназначена для охлаждения шкафов, витрин и другого холодильного оборудования, применяемого для краткосрочного хранения скоропортящихся продуктов в предприятиях торговли и общественного питания при температуре от  $0^{\circ}$  до  $5^{\circ}\text{C}$ .

В обозначение агрегата ФАК-0,7 входят начальные буквы слов «Фреоновый агрегат компрессионный». Далее ставится цифра стандартной холодопроизводительности – 0,7 тыс. ккал/час (0,8 кВт).

Холодильная машина состоит из компрессорно-конденсаторного агрегата и ребристого испарителя, при котором, как правило, располагается регулирующий вентиль.

Компрессорно-конденсаторный агрегат ФАК-0,7 состоит из двухцилиндрового вертикального непрямоточного компрессора типа 2ФВ4/4,5 (1), сальникового (открытого), приводимого в движение электродвигателем посредством клиновидных ремней; змеевидного ребристого конденсатора с воздушным охлаждением (2); ресивера (3); фильтра (7); реле давления РД-П (6); смонтированных на общей раме.

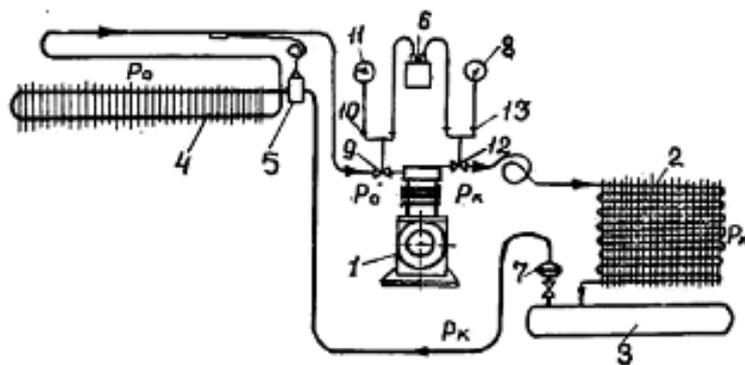


Рис. 2. Холодильная машина с агрегатом ФАК-0,7

1 – компрессор; 2 – конденсатор; 3 – ресивер; 4 – испаритель; 5 – терморегулирующий вентиль; 6 – регулятор давления; 7 – фильтр; 8 – манометр; 9 – всасывающий вентиль; 10 – тройник всасывающего вентиля; 11 – мановакууметр; 12 – нагнетательный вентиль компрессора; 13 – тройник нагнетательного вентиля

Испарительная часть (4), состоящая из ребристомеевикового испарителя и терморегулирующего вентиля ТРВ-2 (5), находится внутри охлаждаемого оборудования (шкафа, прилавка, витрины), которое обслуживается данным агрегатом.

Агрегаты ФАК-1,1 и ФАК-1,5 отличаются от агрегата ФАК-0,7 большим количеством секций в конденсаторе, более мощным электродвигателем и другими незначительными деталями. Изменение холодопроизводительности агрегатов достигается посредством изменения скорости вращения коленчатого вала: 450, 650, 1000 об/мин ( $7,5 \text{ с}^{-1}$ ;  $10,8 \text{ с}^{-1}$ ;  $16,7 \text{ с}^{-1}$ ), соответственно которым его холодопроизводительность выражается 0,7; 1,1 и 1,5 тыс. ккал/час (0,8; 11,28 и 1,75 кВт). Изменение числа оборотов вала компрессора производится путем смены шкивов различных диаметров.

### Холодильная машина с агрегатом ВС-0,7~3

В марке агрегата ВС-0,7~3 первая буква «В» означает тип (с воздушным конденсатором), вторая «С» — исполнение («среднетемпературный» диапазон

температуры кипения) и число 0,7 - холодопроизводительность в тыс. ккал/час. После числа, показывающего величину холодопроизводительности, знак ~ (переменный ток) и цифра 3 – обозначают род тока – трехфазный.

Холодильный агрегат ВС-0,7~3 (рис. 3) состоит из герметичного компрессора ФГ 0,7 ~3 (1).

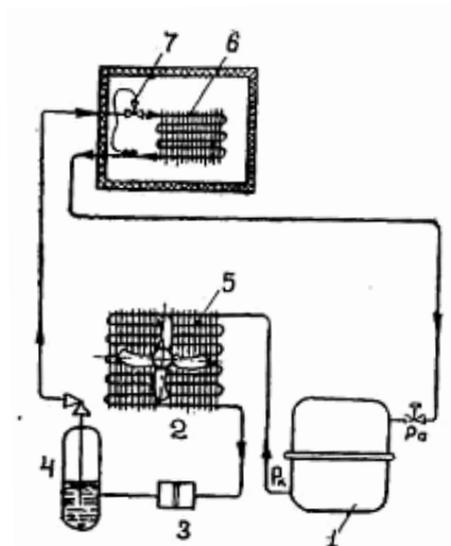


Рис. 3 Холодильная машина с агрегатом ВС 07~3

1 – компрессор; 2 – конденсатор; 3 – фильтр-осушитель; 4 – ресивер; 5 – вентилятор; 6 – испаритель; 7 – регулирующий вентиль

Компрессор двухцилиндровый, непрямоточный; в компрессоре принято вертикальное расположение вала и горизонтальное - цилиндров. Цилиндры компрессора расположены под углом 90°.

Электродвигатель компрессора - трехфазный. Ротор электродвигателя насажен на вал герметичного компрессора. Компрессор с приводящим его в действие электродвигателем заключены в стальной штампованный герметически закрытый кожух.

**Конденсатор** (2) - ребристотрубный, состоящий из трех секций, соединенных последовательно калачами.

**Вентилятор (5)** - расположен в диффузоре с электродвигателем для обдува конденсатора воздуха.

**Ресивер (4)** - стальной, вертикальный, служащий дополнительной емкостью конденсата (жидкого холодильного агента).

**Фильтр-осушитель (3)** - состоит из цилиндрического стального корпуса, объединяющего фильтр с осушителем.

Герметичный компрессорно-конденсаторный агрегат, соединенный с испарителем (6), монтируют в торговое оборудование в заводских условиях.

Преимуществами герметичных агрегатов по сравнению с агрегатами открытого типа являются меньшие габариты и масса, меньшая вибрация и бесшумность работы, простота эксплуатации, высокая надежность и долговечность работы.

### **Принцип работы**

Пар, сжатый в компрессоре, по нагнетательному трубопроводу поступает в конденсатор. В змеевиковом ребристом конденсаторе он охлаждается до температуры конденсации ( $t_k$ ), конденсируется и, пройдя фильтр-осушитель (3), сливается в ресивер (4), откуда поступает через терморегулирующий вентиль (7) в змеевиковый ребристый сухой испаритель (6). Пар, образовавшийся в испарителе, поступает в кожух, охлаждая электродвигатель, а затем засасывается компрессором.

### **Хладоновая холодильная машина ИФ-49М**

Хладоновая холодильная машина (рис. 4) предназначена для поддержания заданных температур (от  $0^\circ$  до  $4^\circ\text{C}$ ) в одной или двух холодильных камерах (общей площадью  $18-20 \text{ м}^2$ ).

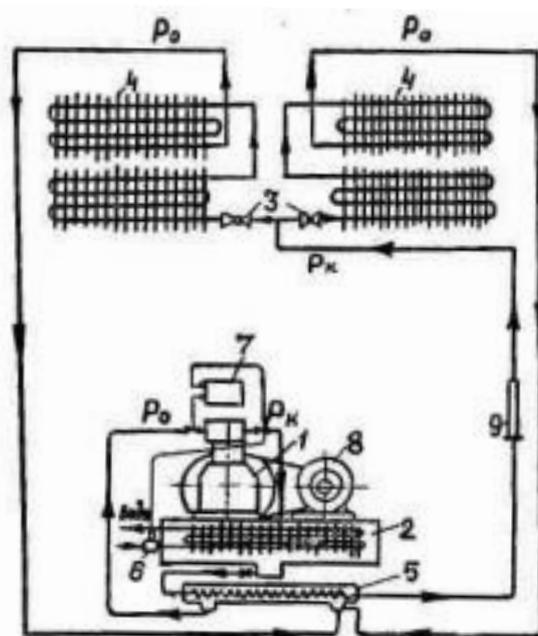


Рис. 4. Холодильная машина ИФ-49М

1 – компрессор; 2 – конденсатор; 3 – регулирующий вентиль; 4 – испаритель; 5 – теплообменник; 6 – водорегулирующий вентиль; 7 – реле давления; 8 – электродвигатель; 9 – фильтр-осушитель

Холодопроизводительность машины ИФ-49М - 3 тыс. ккал/ч (3,5 кВт). В названии машины буква «И» является первой буквой завода - изготовителя «Искра», буква «Ф» - первой буквой слова «фреоновая», а числом «49» сокращенно обозначен год начала серийного выпуска заводом данной машины (1949), буква - «М» - модернизированная.

В холодильную машину ИФ-49М, кроме агрегата Ф-ООА (АК-2ФВ6/3), входят батареи непосредственного охлаждения, размещенные в охлаждаемых камерах.

Компрессорно-конденсаторный агрегат состоит из поршневого, вертикального, непрямочного, двухцилиндрового компрессора типа 2ФВ - 6,5 (1), приводимого в движение электродвигателем (8), кожухозмеевикового конденсатора с водяным охлаждением (2), водорегулирующего вентиля (6), теплообменника (5), реле давления РД- 1 (7), смонтированных на общей раме.

Испарительная часть машины состоит из 4-х испарительных батарей (4), расположенных в камере, и 2-х терморегулирующих вентилей ТРВ-2М (3).

Осушитель-фильтр (9) - предназначен для поглощения влаги из хладона и очистки холодильного агента от механических примесей.

Теплообменник (5) - предназначен для переохлаждения жидкого хладона и перегрева пара, идущего в компрессор.

Переохлаждение жидкого хладона перед регулирующим вентилем и перегрев пара - способствует повышению холодопроизводительности холодильной машины.

### **Хладоновая машина ИФ-56М**

Холодопроизводительность машины 3 тыс. ккал/ч (3,5кВт). Холодильная машина ИФ- 56М (рис. 5) во многом похожа на холодильную машину ИФ-49М, только конденсатор в агрегате ИФ-00 с воздушным охлаждением (рис. 6).

В холодильном оборудовании с небольшой тепловой нагрузкой (домашние холодильники, холодильные шкафы, витрины) устанавливаются конденсаторы с конвективным (естественным) движением воздуха.

Основным достоинством таких конденсаторов является отсутствие шума в работе. Коэффициент теплопередачи конденсаторов не превышает величины 4-6 Вт/(м<sup>2</sup>·К). Конденсаторы с принудительным движением воздуха снабжены вентиляторами.

Коэффициент теплопередачи конденсаторов с принудительным движением воздуха составляет 25-35 Вт/(м<sup>2</sup>·К). Вследствие этого в торговом холодильном оборудовании преимущественное распространение получили конденсаторы с принудительным движением воздуха (рис.6).

В данной холодильной машине применяется конденсатор с принудительным воздушным охлаждением. По своему устройству он предоставляет ряд плоских змеевиков- секций из стальных труб с насаженными на них ребрами, которые выполняют из тонких стальных или

алюминиевых листов. Внутри змеевиков сверху вниз проходит конденсирующийся холодильный агент, а снаружи их обдувают воздухом с помощью вентилятора. Холодильный агент проходит по секциям параллельно. Для этого они объединены вверху и внизу коллекторами. Отдельные горизонтальные трубы секции образуют змеевики посредством калачей. Концы труб секций подсоединяют к коллекторам: верхние к газовому, а нижние - к жидкостному. Главный коллектор, в свою очередь, соединяют с нагнетательным вентиляем компрессора, а жидкостной - с ресивером.

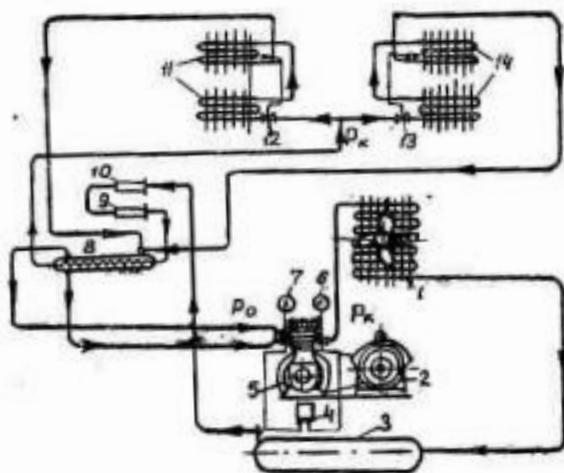


Рис. 5. Холодильная машина ИФ-56М

1 – конденсатор; 2 – электродвигатель; 3 – ресивер; 4 – реле давления; 5 – компрессор; 6 – манометр; 7 – мановакуумметр; 8 – теплообменник; 9 – фильтр; 10 – осушитель; 11-14 – испарители ИРСН-10; 12-13 – терморегулирующие вентили

Спереди конденсатор закрыт листом с круглым вырезом и отбортованными краями, к которому приваривается кольцо, выполняющее роль диффузора - устройства для направления потока воздуха, обдувающего теплопередающие трубы конденсатора.

Внутри диффузора расположены лопасти вентилятора, который просасывает воздух через конденсатор.

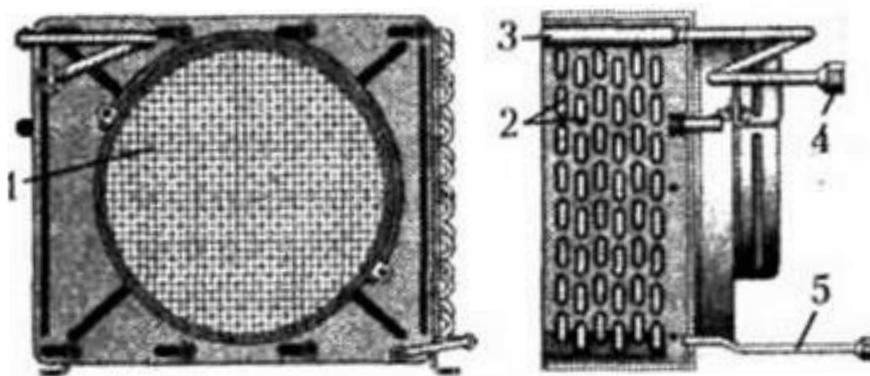


Рис. 6. Конденсатор 4Ф-12 (без вентилятора)

1 – оребренные трубки, 2 – трубки секций, 3 – коллектор газообразного холодильного агента, 4,5 – трубопроводы входа и выхода холодильного агента

Ребристо-трубные испарители для непосредственного охлаждения воздуха в камере (рис. 7) представляют собой змеевики, внутри которых кипит жидкий холодильный агент, поступающий через терморегулирующий вентиль. Изготавливают их из медных труб. Отдельные трубы объединяются в змеевике с помощью калачей. К входному концу змеевика припаивается труба с накладной гайкой, с помощью которой присоединяется терморегулирующий вентиль, а к выходному концу - короткая трубка со штуцером и накладной гайкой для подсоединения его к всасывающему трубопроводу компрессора. На трубы змеевика насаживаются ребра, изготовленные из алюминиевых и латунных дисков.

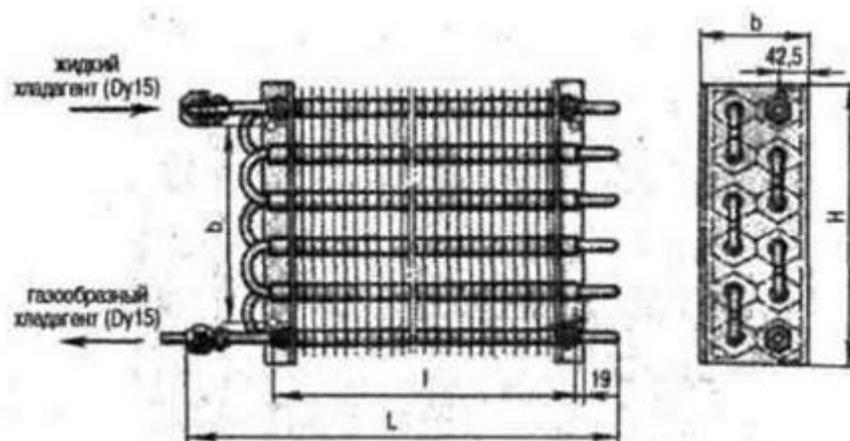


Рис. 7. Испаритель ИРСН (испаритель ребристый сухой настенный)

Разновидностью испарительных батарей являются воздухоохладители (рис. 8), в которых принудительное движение воздуха сквозь оребренные трубки осуществляется с помощью вентилятора. Это позволяет уменьшить габаритные размеры испарителя.

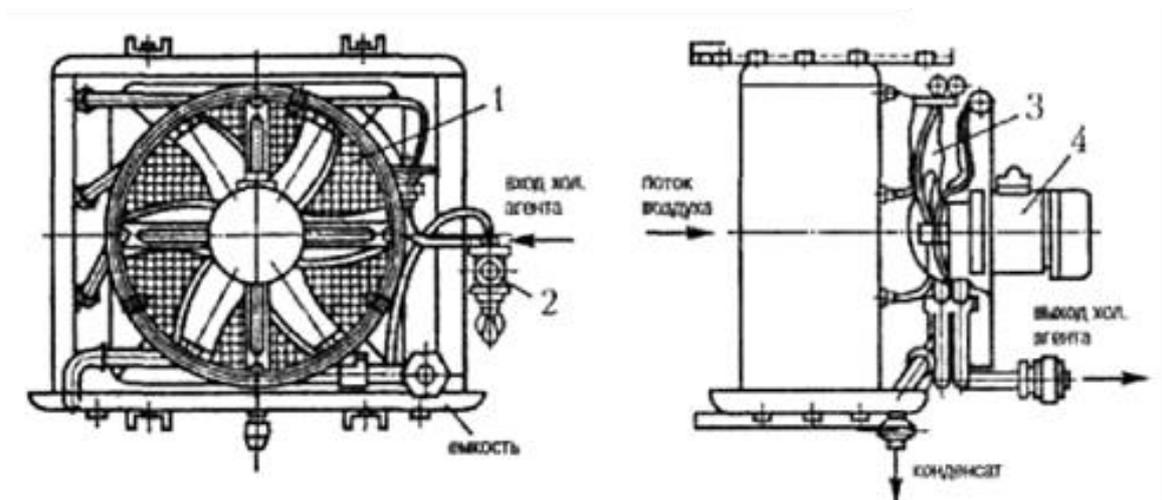


Рис. 8 . Воздухоохладитель.

1 – поверхность теплообмена; 2 – терморегулирующий вентиль; 3 – крыльчатка вентилятора; 4 – электродвигатель.

В агрегате имеется горизонтальный ресивер емкостью 11 л, который служит для сбора конденсата, стекающего из теплопередающих труб. Он представляет собой сосуд, изготовленный из стальной бесшовной трубы с приваренными к ней доньшками. Ресивер снабжен штуцером и запорным угловым вентилем. С помощью штуцера он присоединяется к конденсатору; угловой вентиль соединяет его с жидкостной запорной трубой.

Теплообменник служит для переохлаждения жидкого холодильного агента, поступающего из испарителя в компрессор.

Теплообменник представляет собой стальной сварной кожух в виде отрезка трубы с приваренными к ее торцам сферическими доньшками. Внутри кожуха помещен змеевик, изготовленный из медной трубы. Концы змеевика выведены из кожуха через отверстия в доньшках. Жидкий хладон проходит через теплообменник внутри змеевика, а парообразный - в кожухе, омывая

наружную поверхность змеевика. Движение жидкости и пара осуществляется противотоком, что повышает эффективность теплообмена.

Вода почти не растворяется в хладоне. Оказавшись в системе холодильной машины, она может привести к образованию ледяных пробок и нарушить нормальную работу установки. Для поглощения влаги все хладоновые холодильные машины снабжают специальными осушителями. В качестве сорбента в них используют силикагель - аморфный кремнезем, который обладает большой способностью поглощать влагу.

Осушитель состоит из цилиндрического стального корпуса; к одному концу его приварено доньшко со штуцером, к другому - фланец. К фланцу на прокладке крепят крышку со штуцером для присоединения входной трубки. Силикагель помещают в корпусе между латунными сетками, и для предотвращения перемещения он поджимается пружиной. Устанавливаются осушители на жидкостной линии между ресивером и терморегулирующим вентилем.

Указатели потока жидкости (рис. 9) устанавливают на жидкостном трубопроводе; холодильной машины, что дает возможность визуально определить, достаточно ли холодильного агента в холодильной машине. Если холодильного агента в холодильной машине мало, то через смотровое стекло видны пузырьки пара в потоке жидкости.

Указатели потока жидкости устанавливают после осушителя и фильтра, не в непосредственной близости от вентиляей.



Рис. 9. Указатель потока жидкости с индикатором влажности холодильного агента

Наличие пузырьков в жидкости указывает на то, что жидкий холодильный агент дросселируется в жидкостном трубопроводе вследствие повышенного перепада давления. Пузырьки исчезают только при снижении перепада давления в трубопроводе или большем переохлаждении жидкого холодильного агента.

На дне указателя потока жидкости устанавливают пластинку, которая меняет цвет в зависимости от наличия влаги в холодильном агенте. Интенсивность цвета указывает на концентрацию в холодильном агенте растворенных компонентов, преимущественно флюсов.

Фильтры применяют на холодильных установках для улавливания механических загрязнений, остающихся в системе машины после ее монтажа. Перемещаясь с холодильным агентом при его циркуляции, загрязнения могут попасть в цилиндр компрессора под его клапаны в запорные и регулирующие вентили и этим нарушить нормальную работу машины и вызвать преждевременный ее износ.

Фильтрующим материалом во хладоновых фильтрах служат медные и латунные сетки, асбестовая ткань, сукно, замша. Он устанавливается на жидкостной линии сразу после осушителя.

### **Содержание отчёта**

Отчёт о проделанной работе должен содержать:

1. Название и цель работы.
2. Начерченную схему одной из изученных хладоновых холодильных установок (указывает преподаватель).
3. Описание работы хладоновой холодильной установки.
4. Краткое описание назначения и конструкции отдельных элементов хладоновых холодильных машин.
5. Ответы на контрольные вопросы.

## **Контрольные вопросы**

1. Какой вид энергии используют компрессионные холодильные машины?
2. Каковы преимущества и недостатки непосредственной системы охлаждения холодильных камер?
3. Докажите, что с помощью холодильной машины теплота отнимается от холодной среды и передается тёплой?
4. Каковы особенности конструкций испарителей для охлаждения воздуха?
5. Укажите конструктивные особенности конденсаторов с воздушным охлаждением?
6. Какой вспомогательный элемент холодильной машины указывает на вид используемого холодильного агента и почему?
7. Для чего в холодильной машине устанавливают ресивер?
8. Для какой цели в схеме холодильной машины используют указатель потока?

### **Лабораторная работа № 2. Система рассольного охлаждения холодильных камер**

**Цель работы.** Изучение принципиальной схемы холодильной машины с рассольным охлаждением холодильных камер.

#### **Порядок проведения работы:**

1. Изучить принципиальную схему холодильной машины с рассольным охлаждением холодильных камер.
2. Изучить конструкцию и назначение отдельных элементов холодильной машины с рассольным охлаждением.
3. Оформить отчет о проделанной работе.

## Методические указания и пояснения к работе

В системах с рассольным охлаждением холодильных камер применяется, как правило, аммиачные холодильные машины. При рассольном охлаждении понижение температуры воздуха в камерах достигается благодаря теплообмену между воздухом и холодным рассолом, циркулирующим в батареях, расположенных у стен или под потолком. Рассол, в свою очередь, охлаждается в испарителе при кипении холодильного агента.

Циркуляция рассола в батареях осуществляется насосом. Рассол в этой системе охлаждения играет роль промежуточного тела, т.е. служит только теплоносителем-передатчиком теплоты от воздуха камер к холодильному агенту в испарителе. Рассолы в качестве теплоносителя применяются потому, что они имеют более низкую, чем вода, температуру замерзания. Чем концентрированнее рассол, тем ниже температура его замерзания. Однако для раствора каждой соли существует определенная температура, при которой он замерзает с любой концентрацией. Такая температура называется криогидратной точкой рассола. В холодильной технике применяют водные растворы хлористого кальция и, в очень редких случаях, растворы хлористого натрия. Криогидратные точки этих растворов соответственно равны  $-55$  и  $-21,2^{\circ}\text{C}$ .

Основными элементами холодильной машины (рис. 10) являются: компрессор (1), конденсатор (2), регулирующий вентиль (3), испаритель (4), рассольный насос (5), маслоотделитель (6), фильтр (7), вентиль для заполнения системы холодильным агентом (8), предохранительные клапаны (9), вентиль для выпуска воздуха из системы (10), запорные вентили компрессора (11), рассольная охлаждающая батарея (12) и расширительный бачок (13).

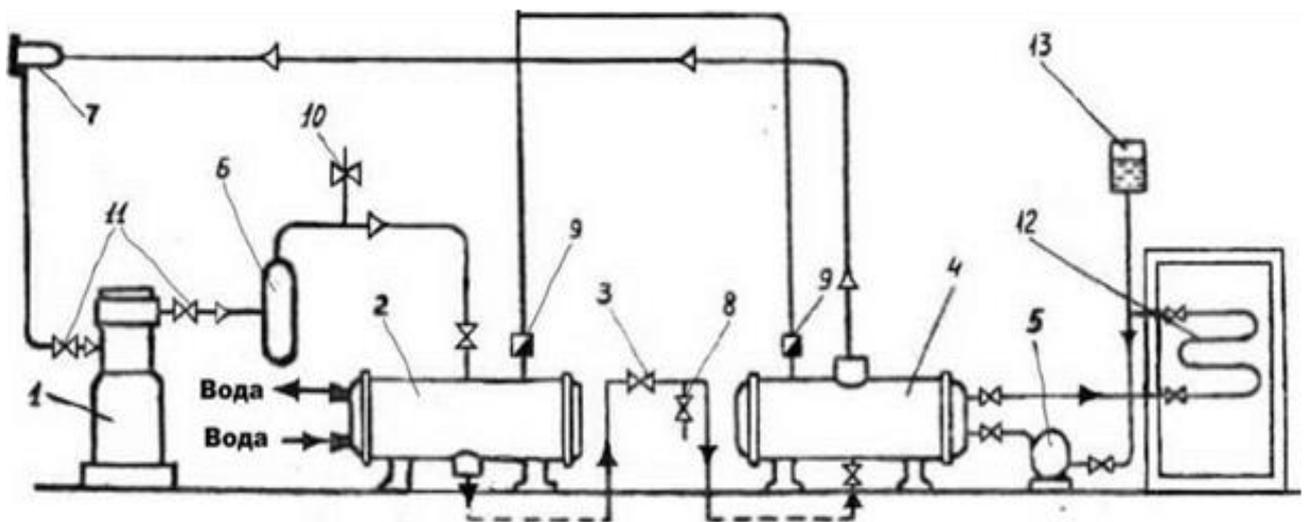


Рис. 10. Схема рассольной системы охлаждения холодильных камер

Холодильная машина работает следующим образом. Компрессор отсасывает пары аммиака и сжимает их с давления кипения  $P_0$  до давления конденсации  $P_k$  и нагнетает их в конденсатор. При этом между компрессором и конденсатором в аммиачных машинах устанавливают маслоотделитель, который отделяет масло от паров аммиака. Из него масло через специальный вентиль и трубку направляют в маслосборник, а в некоторых машинах - в картер компрессора.

В конденсаторе от аммиака отводится энергия холодной водой, и сжатые пары при постоянном давлении  $P_k$  и температуре  $t_k$  конденсируются. Жидкий аммиак из конденсатора через регулирующий вентиль направляется в испаритель. Проходя через регулирующий вентиль, аммиак дросселируется с давления конденсации  $P_k$  до давления кипения  $P_0$ . При этом происходит понижение его температуры от  $t_k$  до температуры кипения  $t_0$ . В испарителе аммиак кипит при постоянном давлении  $P_0$  и температуре  $t_0$ . В процессе кипения аммиак испаряется и отбирает тепло от рассола. Пары аммиака вновь отсасываются компрессором.

Охлажденный рассол подается с помощью насоса в рассольные батареи, которые расположены в холодильной камере. Холодный рассол, проходя по рассольной батарее отбирает теплоту от окружающего воздуха холодильной

камеры. При этом он нагревается и в таком состоянии вновь поступает в испаритель.

Преимущества рассольного охлаждения

А) исключается возможность проникновения агента в камеры из испарителей, так как все трубопроводы находятся в машинном отделении;

Б) простота регулирования температуры воздуха в отдельных камерах, что достигается путем изменения количества рассола, направляемого в камеру;

В) меньшая пожароопасность.

Однако по сравнению с системой непосредственного охлаждения при рассольном охлаждении требуется:

- дополнительное оборудование - испаритель, рассольный насос;
- большая площадь машинного отделения, чтобы разместить все оборудование;
- компрессор большой холодопроизводительности, так как при наличии теплоносителя (рассола) холодильный агент должен кипеть при более низкой температуре. При этом снижается как холодопроизводительность, так и экономичность работы компрессора;
- большой расход энергии на получение и передачу холода.

## **Компрессор**

Компрессор в холодильной машине служит для отсасывания паров холодильного агента из испарителя, сжатия и нагнетания их в конденсатор.

Во время работы аммиачного прямоточного компрессора (рис. 17) пары аммиака из всасывающего трубопровода поступают сначала во всасывающую полость компрессора. Отсюда при движении поршня сверху вниз (когда открывается всасывающий клапан) они проходят в пространство над поршнем - рабочую полость цилиндра. Здесь пары сжимаются и через нагнетательный клапан выталкиваются в верхнюю часть компрессора - нагнетательную полость, а из нее поступают в конденсатор.

## Конденсатор

Конденсаторы холодильных машин служат для охлаждения и сжижения, сжатых в компрессоре паров холодильного агента. В конденсаторе отводится вся теплота от холодильного агента, которую он воспринял в компрессоре, испарителе и трубопроводах стороны низкого давления.

Конденсаторы водяного охлаждения подразделяют на конденсаторы проточного типа и конденсаторы, в которых обеспечивается обратное водоснабжение.

Конденсатором проточного типа называют конденсаторы, в которых охлаждаемая среда (вода) после отвода теплоты конденсации удаляется в канализацию.

Существует несколько типов конденсаторов с водяным охлаждением: кожухотрубные, кожухозмеевиковые, оросительные и испарительные.

В кожухотрубных и кожухозмеевиковых конденсаторах теплота от холодильного агента отводится только за счёт нагревания воды.

В оросительных и испарительных конденсаторах теплота отводится от холодильного агента к воде и от неё к воздуху, а также за счёт расходования теплоты при испарении воды с теплообменной поверхности.

Аммиачный горизонтальный кожухотрубный конденсатор состоит из корпуса - кожуха, представляющего собой горизонтальную отдельную трубу большого диаметра. С торцевых сторон к кожуху приварены стальные трубные решетки, в отверстия которых вставлены и приварены концы водяных труб. Решетки закрывают чугунными крышками с внутренними перегородками, с помощью которых осуществляется многоходовое движение воды в конденсаторе. В одной из крышек имеются два отверстия для входа и выхода воды. Вода проходит в конденсаторе внутри труб, а межтрубное пространство заполнено конденсирующимся аммиаком, поступающим сверху. Сконденсированный и переохлажденный аммиак выходит из конденсатора через напорный вентиль, установленный на сборнике жидкости, приваренный к нижней части кожуха.

На кожухе конденсатора установлены два клапана - предохранительный и спускной - для удаления воздуха из системы.

Похожую конструкцию имеет кожухозмеевиковый конденсатор (рис. 11) Принципиальное отличие от кожухотрубного конденсатора состоит в том, что кожухозмеевиковый имеет одну трубную решетку. Противоположная трубной решетке часть труб соединена калачами (изогнутыми трубами).

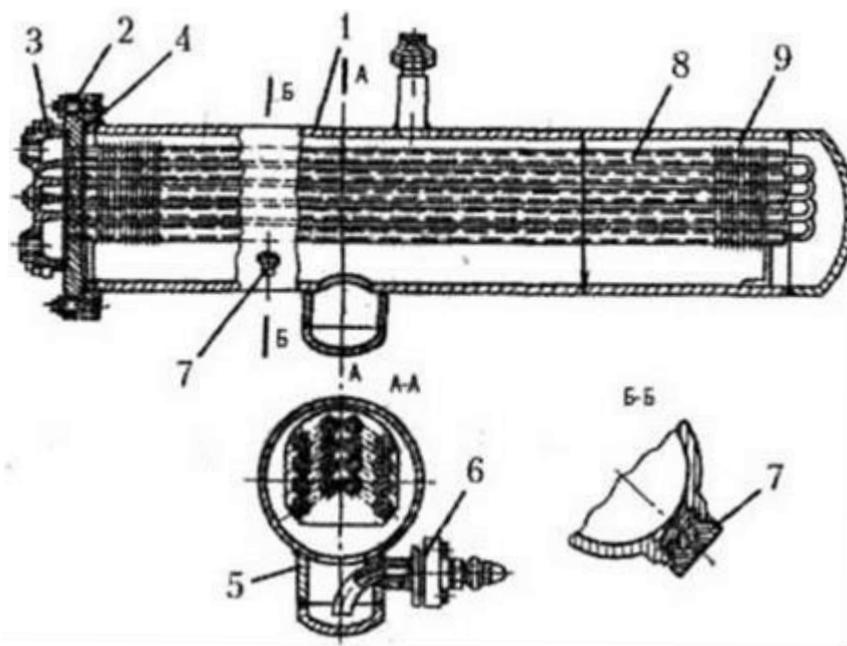


Рис. 11. Кожухо-змеевиковый конденсатор КТР-3

1 – корпус; 2 – трубная решетка; 3 – крышка; 4 – прокладка; 5 – сборник жидкости; 6 – запорный жидкостной вентиль; 7 – плавкая пробка; 8 – теплообменные трубки; 9 – ребра

Существенным недостатком проточных конденсаторов является большой расход воды, протекающей через него. Например, расход воды через конденсатор КТР-3 составляет порядка

1,5 м<sup>3</sup>/ч. Поэтому все конденсаторы проточного типа обязательно комплектуются водорегулирующими вентилями (ВРВ) (рис. 24).

В режиме экономии воды работают оросительные и испарительные конденсаторы. Оросительные конденсаторы представляют вертикально

расположенные змеевики, на которые сверху через распределительное устройство подается вода. Вода стекает по трубам, частично испаряясь, и падает в емкость, из которой вновь поступает в распределительное устройство. Потери воды компенсируют ее подачей из водопровода через поплавковое устройство.

Оросительные конденсаторы применяют в основном в аммиачных холодильных машинах большой холодопроизводительности.

Испарительные конденсаторы представляют собой трубчатые змеевики, размещенные внутри металлического шкафа (рис. 12).

Конденсаторы этого типа могут быть использованы в интервале тепловых нагрузок от 3,5 до 350 кВт и более.

В испарительных конденсаторах вода непрерывно циркулирует между водяным баком и форсунками. Наружный воздух засасывается вентилятором, прогоняется через корпус и выбрасывается наружу. Влага отделяется на водоотделителе. Расход воды в этих конденсаторах обычно не превышает 10% от расхода воды в проточных конденсаторах.

Эксплуатационным недостатком конденсаторов является необходимость обеспечивать жесткий режим водоподготовки, исключаящий прежде всего развитие водорослей. Кроме того, вода должна быть чистой, без механических частиц и грязи.

Серьезной проблемой является размещение конденсатора. При размещении конденсатора в контуре здания требуется специальное помещение, в котором обеспечивается очистка воздуха, выбрасываемого наружу за пределы контура здания.

При размещении конденсатора за пределами контура здания, например на крыше здания, возникает проблема эксплуатации конденсатора в зимнее время, связанная с возможным замерзанием воды.

В связи с многочисленными техническими сложностями конденсаторы этого типа предпочтительно эксплуатировать в теплой климатической зоне.

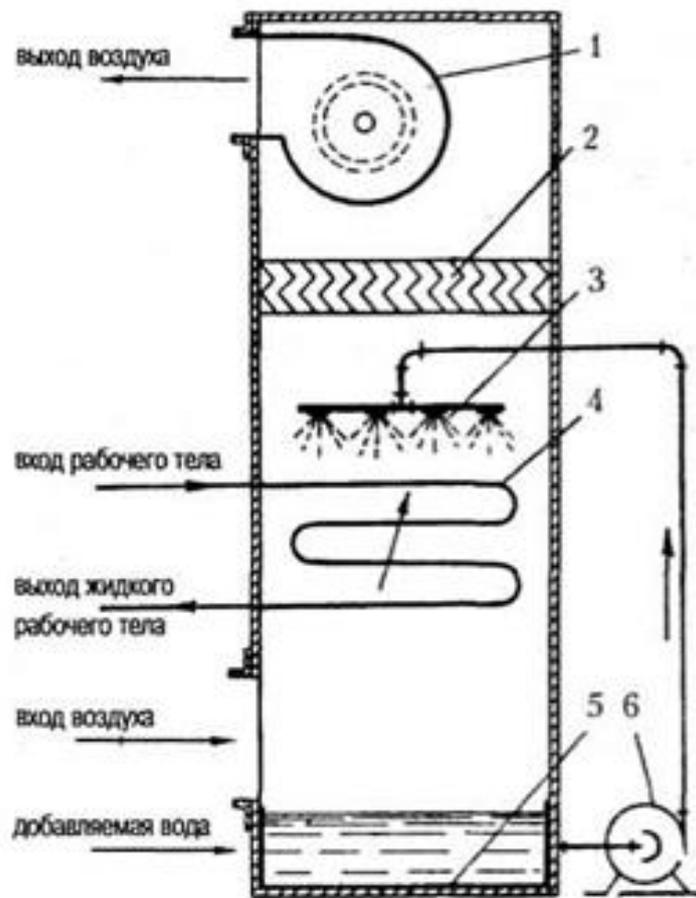


Рис. 12. Схема испарительного конденсатора

1 – вентилятор; 2 – водоотделитель; 3 – форсунки; 4 – змеевик конденсатора; 5 – водяной бак; 6 – насос

### Кожухотрубный испаритель

Кожухотрубные испарители служат для охлаждения промежуточного хладоносителя рассола.

Они так же, как и конденсаторы подобного типа, выпускаются с гладкими и ребристыми трубами. Испарители с гладкими трубами применяются на аммиачных установках. По конструкции кожухотрубные испарители мало отличаются от конденсаторов такого же типа (рис. 13)

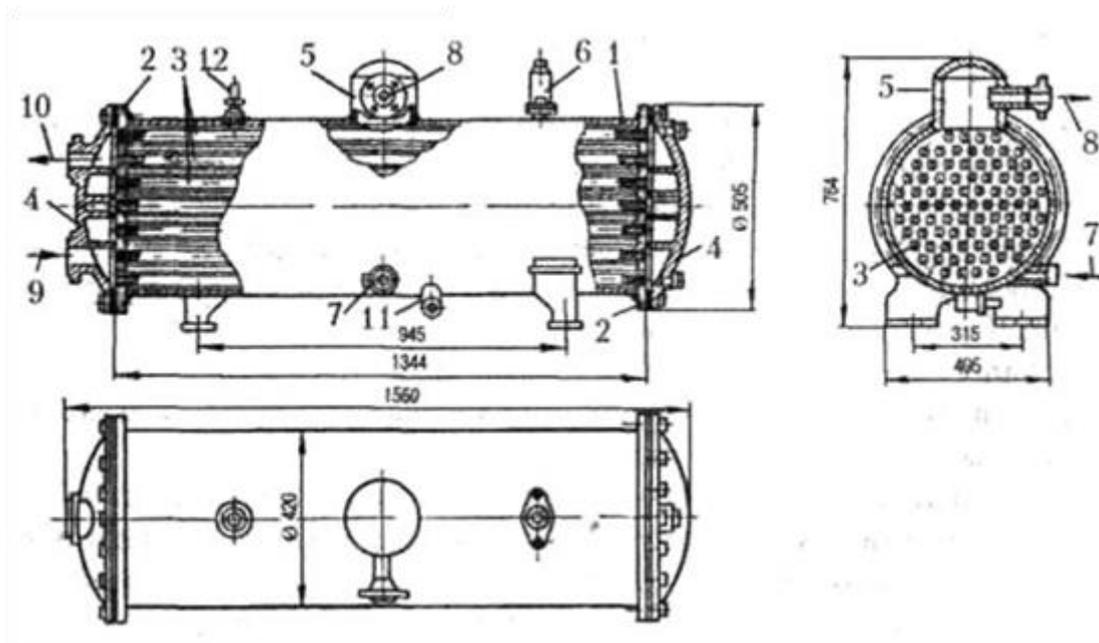


Рис. 13. Аммиачный кожухотрубный испаритель ИП -12

1 – кожух; 2 – трубные решетки; 3 – трубы с охлаждаемой средой; 4 – крышки; 5 – сухопарник; 6 – предохранительный клапан; 7 – вход аммиака; 8 – выход паров аммиака; 9 – вход рассола; 10 – выход рассола; 11 – патрубок для выхода масла; 12 – клапан для выпуска воздуха

Аммиачный кожухотрубный испаритель представляет собой горизонтальный цилиндрический корпус (кожух), к торцам которого приварены стальные трубные решетки. В отверстия трубных решеток вставлены и развальцованы концы горизонтальных решеток стальных труб.

Обе трубные решетки закрыты чугунными литыми крышками с внутренними ребрами - перегородками для осуществления многоходового движения рассола по трубам. Одна из крышек слита с двумя патрубками для входа и выхода рассола. Через нижний патрубок рассол поступает в испаритель, а через верхний выходит из него. В испарителе рассол циркулирует внутри труб, а в пространстве между трубами кипит аммиак. Жидкий аммиак поступает в кожух снизу через приваренный к нему патрубок, а парообразный отсасывается из кожуха сверху через пароосушитель. На кожухе испарителя установлены предохранительный клапан и вентиль для выпуска воздуха.

Отличие хладонового испарителя от аммиачного состоит в том, что в хладоновом испарителе используются медные толстостенные трубы с наружным оребрением.

Разновидностью кожухотрубного испарителя является кожухозмеевиковый испаритель (рис. 14).

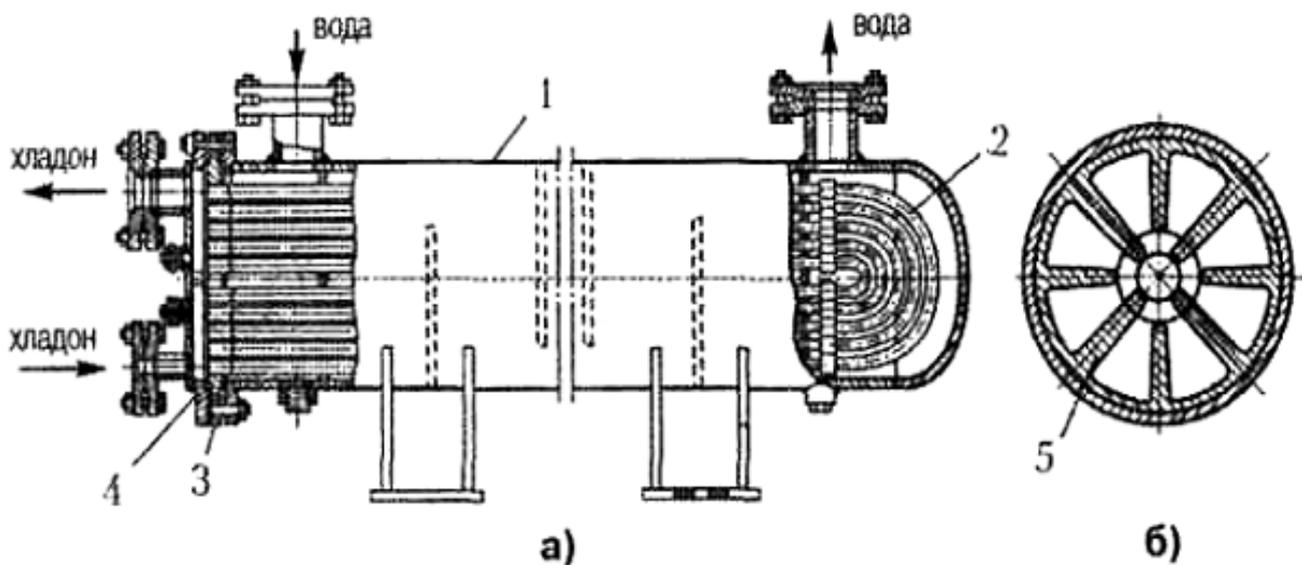


Рис. 14. Кожухозмеевиковый испаритель: а) общий вид, б) поперечный разрез трубы

1 – кожух; 2 – трубы; 3 – трубная решетка; 4 – крышка; 5 – вставка

Принципиальное отличие от кожухотрубного испарителя состоит в том, что кожухозмеевиковый имеет одну трубную решетку. Противоположная трубной решетке часть труб соединена калачами (изогнутыми трубами).

Системы с жидким теплоносителем, в частности с рассолом, несмотря на дополнительные энергетические затраты, обладают рядом технических достоинств. Рассол обеспечивает большую «хладоемкость» системы, возможность транспортировать рассол на значительное расстояние, позволяет технически просто регулировать температуру воздуха в холодильных камерах, используя в холодильной машине незначительное количество холодильного агента.

Агрессивность и коррозионная активность рассола определяются

свойствами рассола и не являются принципиально непреодолимым препятствием в использовании рассольной системы охлаждения.

Современные паяные пластинчатые теплообменные аппараты (рис. 15) являются универсальными элементами холодильных машин, способными в зависимости от направления потока холодильного агента и рабочей жидкости выполнять функции испарителя или конденсатора.

При выполнении теплообменником функций испарителя жидкий холодильный агент поступает снизу (левый патрубок), пар выходит сверху (левый патрубок). Хладоноситель противотоком поступает в испаритель сверху (правый патрубок), а выходит охлажденным снизу.

В случае использования теплообменника в качестве конденсатора горячие пары холодильного агента поступают в верхнюю часть теплообменного аппарата (левый патрубок), а жидкий холодильный агент выходит снизу (левый патрубок). Охлаждающая среда, например вода, поступает в нижнюю часть теплообменного аппарата, а выходит из нагретой сверху.



Рис. 15. Теплообменные паяные универсальные аппараты.

Теплообменные аппараты при большой площади теплообмена имеют небольшие геометрические размеры. Например, паяный теплообменный

аппарат, обеспечивающий холодопроизводительность 13 кВт, имеет высоту 310 мм, ширину 111 мм, а масса аппарата составляет всего 7,7 кг.

### **Маслоотделитель**

При работе пары аммиака из компрессора уносят в систему значительное количество смазочного масла, которое оседает на стенках теплопередающих аппаратов и ухудшает их работу.

Аммиак не растворяет смазочное масло, поэтому в аммиачных машинах применяют специальные аппараты-маслоотделители. Эти аппараты устанавливают на нагнетательной линии между компрессором и конденсатором.

В маслоотделителе пары аммиака изменяют направление и скорость движения, вследствие чего частицы масла отделяются от них, оседают на внутренней поверхности стенок и стекают по ним в нижнюю часть аппарата.

### **Фильтр**

Фильтры применяют на холодильных установках для улавливания механических загрязнений (окалины, ржавчины, песка и т.д.), остающихся в системе машины после ее монтажа. Перемещаясь с холодильным агентом при его циркуляции, загрязнения могут попасть в цилиндр компрессора под его клапаны, в запорные и регулирующие вентили и этим нарушить нормальную работу машины и вызвать преждевременный ее износ.

Фильтрующим материалом в фильтрах аммиачных машин служат стальные сетки.

### **Рассольная охлаждающая батарея**

При рассольном охлаждении понижение температуры воздуха в камерах достигается благодаря теплообмену между воздухом и холодным рассолом, циркулирующем в батареях.

Рассольные батареи, так же как аммиачные, изготавливаются из отдельных труб и тоже обычно оребряют. Отдельные трубы в батарее соединяют между собой сваркой.

## Содержание отчета

Отчет о проделанной работе должен содержать:

- 1) вычерченную принципиальную схему холодильной машины с рассольным охлаждением холодильных камер;
- 2) краткое описание работы схемы холодильной машины;
- 3) краткое описание отдельных элементов холодильной машины с рассольным охлаждением.
- 4) Ответы на контрольные вопросы.

## Контрольные вопросы

1. Какие преимущества и недостатки присущи холодильным установкам с промежуточными хладоносителями?
2. Какими свойствами должны обладать хладоносители холодильных установок?
3. Какие вещества используются в качестве промежуточных хладоносителей холодильных установок?
4. Какие существуют типы холодильных агентов и их основные свойства?
5. Каково влияние различных включений на эффективность применения холодильных агентов?
6. Каковы особенности теплообмена в конденсаторах и испарителях?
7. Каковы конструктивные особенности конденсаторов с водяным охлаждением?
8. Укажите отличительные особенности испарителей для жидких хладоносителей?
9. Как регулируется температура воздуха в охлаждаемых емкостях с рассольными холодильными установками?
10. Что создаёт высокую эффективность теплообмена в пластинчатых теплообменных аппаратах?

### Лабораторная работа № 3. **Компрессоры холодильных машин.**

**Цель работы.** Ознакомиться с устройством и принципом работы аммиачных и хладоновых компрессоров.

#### **Порядок проведения работы:**

1. Изучить конструкцию поршневых компрессоров: аммиачного, прямоточного, открытого типа; хладоновых непрямоточных открытого типа, сальникового, полугерметичного и герметичного (по плакатам на стенде).
2. Усвоить принцип работы поршневых прямоточных и непрямоточных компрессоров.
3. Изучить конструкцию и принцип работы ротационного компрессора.
4. Оформить отчет о проделанной работе.

#### **Методические указания и пояснения в работе**

Компрессор служит для отсасывания паров холодильного агента из испарителя, сжатия их и нагнетания в конденсатор. Холодильный агент входит в компрессор под давлением, равным его давлению в испарителе  $P_0$  (низкое давление), а выходит под давлением конденсации  $P_k$  (высокое давление).

На рис. 16 представлены основные типы компрессоров, классификацию которых необходимо изучить по учебнику. Некоторые из них рассматриваются ниже.

#### **А) Прямоточный аммиачный компрессор**

Вертикальный прямоточный аммиачный компрессор простого действия (рис. 17) состоит из блока цилиндров (6), картера (1), крышки (10), поршней (4), коленчатого вала (12), сальника, ложной крышки (7), шатунов (11), масляного насоса (13), нагнетательных (8) и всасывающих (5) клапанов.

Блок цилиндров представляет собой чугунную оребренную для лучшего охлаждения деталь, внутри которой находятся два цилиндра (двухцилиндровый компрессор) с хорошо отполированными внутренними поверхностями.

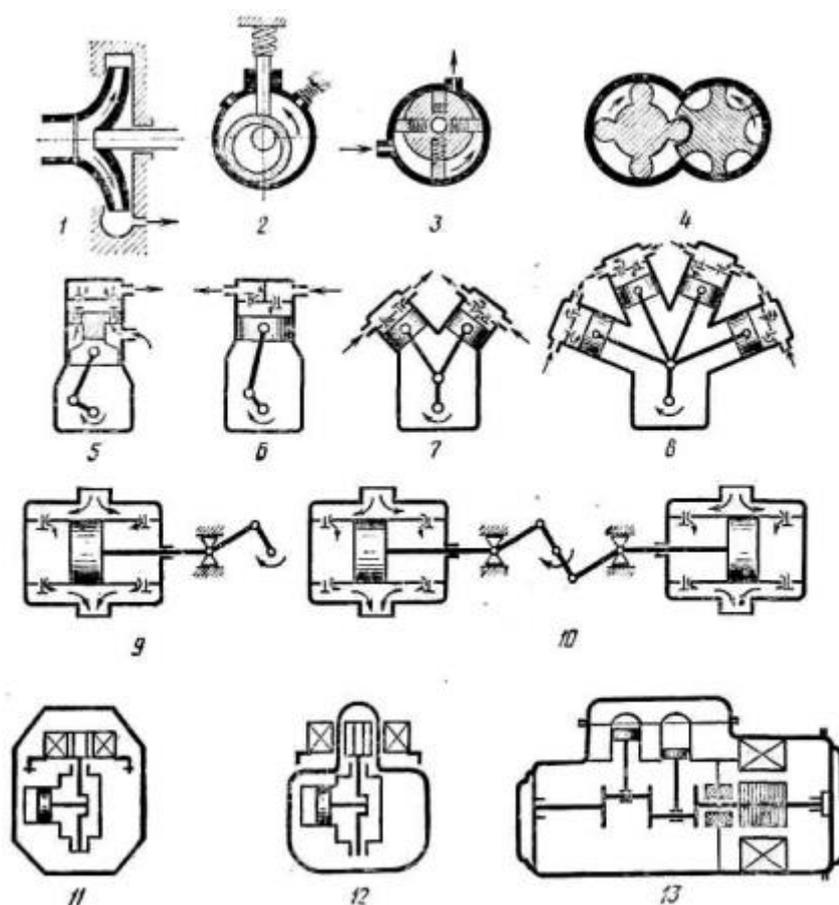


Рис. 16. Основные типы поршневых

1 – центробежный; 2 – ротационный с катящимся ротором; 3 – ротационный пластинчатый; 4 – винтовой; 5 – 13 поршневые: 5 и 6 вертикальные (5 – прямоточный, 6 – непрямоточный); 7 – V-образный; 8 – W-образный; 9 – горизонтальный двойного действия; 10 – оппозитный; 11 – герметичный; 12 – экранированный; 13 – бессальниковый

В картере расположен коленчатый вал, который с помощью шатуна и стального пальца (2), соединен с поршнем. Кривошипно-шатунный механизм преобразует вращательное движение вала электродвигателя в возвратно-

поступательное движение поршня, осуществляющего сжатие паров холодильного агента в цилиндре компрессора.

Для того, чтобы предотвратить утечку аммиака из цилиндра в картер при сжатии, на поршне делаются канавки, в которые вставляются уплотнительные поршневые чугунные кольца (3).

Каждый цилиндр сверху закрыт ложной крышкой, которая служит для быстрого выпуска из цилиндра случайно попавших туда жидкого холодильного агента или масла, которые поднимаются и поэтому могут явиться причиной возникновения гидравлического удара и аварий компрессора. При возникновении гидравлического удара ложная крышка приподнимается, отжимая пружину (9), упирающуюся в крышку блока цилиндров, и попавшая жидкость отсасывается в конденсатор.

В ложной крышке находится нагнетательный клапан, а всасывающий - расположен сверху на поршне.

Для предупреждения аварии при чрезмерном повышении давления нагнетания служит предохранительный клапан, представляющий собой чугунную калиброванную пластинку, помещенную в специальном канале, разъединяя всасывающую и нагнетательную полость в компрессоре. При разности давлений  $P_k - P_0 = 16 \text{ кг/см}^2$  пластина раскрывается, и давление выравнивается.

Компрессор с помощью плотно-ременной передачи соединен с электродвигателем, который подключается к электрической сети. В месте выхода коленчатого вала из картера наружу находится цилиндрическая уплотненность, препятствующая утечке холодильного агента из компрессора.

Смазывание маслом движущихся частей компрессора осуществляется всасывающим насосом, установленным в картере. Кроме того, смазка производится разбрызгиванием масла, находящегося в картере, при вращении коленчатого вала.

Рабочий процесс в прямоточном компрессоре совершается следующим

образом. При движении поршня вниз внутри цилиндра между поршнем и ложной крышкой понижается давление. Когда оно становится меньше  $P_0$ , открывается всасывающий клапан на поршне, и пары аммиака поступают из испарителя в цилиндр компрессора.

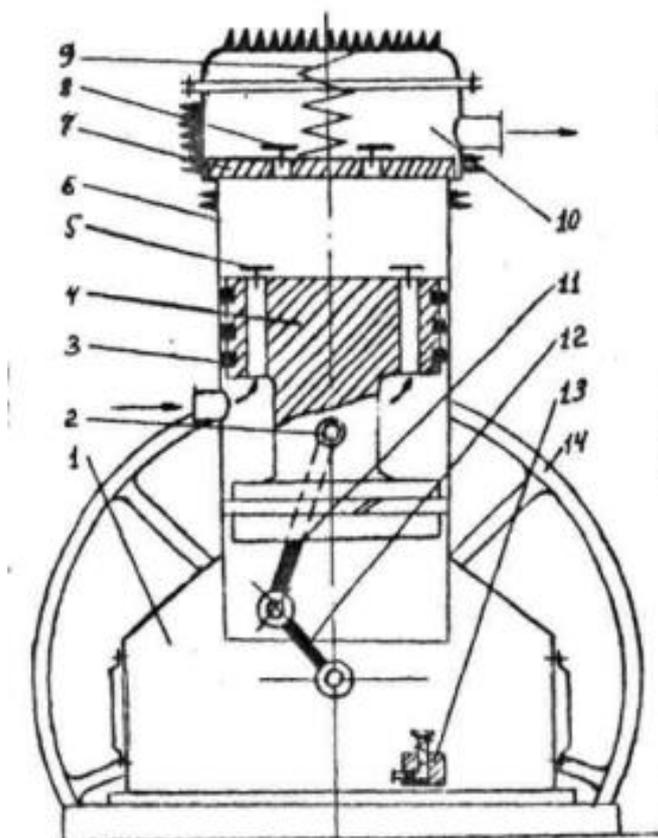


Рис. 17. Схема аммиачного прямоточного компрессора

Процесс всасывания заканчивается, когда поршень достигает нижнего крайнего положения. При обратном движении поршня вверх всасывающий клапан быстро закрывается, и происходит сжатие паров холодильного агента в цилиндре. Когда давление в цилиндре несколько превысит давление конденсации, открывается нагнетательный клапан в ложной крышке, и пары аммиака нагнетаются в конденсатор.

Слабым местом конструкции компрессора открытого типа является возможность утечки холодильного агента через сальниковое уплотнение коленчатого вала. Достоинством сальникового компрессора является

возможность регулирования скорости вращения коленчатого вала, и, следовательно, холодопроизводительности компрессора путем установки шкивов (14) разного диаметра на валу компрессора.

### **Б) Непрямоточный хладоновый герметичный компрессор**

На рис. 18 представлен двухцилиндровый непрямоточный горизонтальный У-образный герметичный компрессор. Электродвигатель, вместе с компрессором, помещен в стальном корпусе, состоящем из двух сваренных друг с другом половин. Компрессор укреплен в нижней половине корпуса на трех пружинах (13). Ротор (9) электродвигателя насажен на эксцентриковом валу (14) компрессора. В нижней половине корпуса находится масло, которое проникает в места, нуждающиеся в смазке, путем разбрызгивания масла при вращении вертикального эксцентрикового вала и по каналом, просверленным в этом валу.

Цилиндры (2) компрессора расположены горизонтально и под углом  $90^\circ$  друг к другу. Каждый цилиндр закрыт клапанной доской (4). С внутренней стороны цилиндра к ней прижат всасывающий клапан (7), а со стороны головки блока (3), разделенной на всасывающую и нагнетательную полости, - нагнетательный клапан (5). Стальные поршни (6) не имеют поршневых уплотнительных колец, но снабжены канавками для смазки. Плотность при сжатии достигается из-за уменьшения зазора между поршнем и стенкой цилиндра и повышенной точности изготовления этих деталей. Каждый поршень соединен с помощью пальца (12) и шатуна (15) с эксцентриковым валом (14).

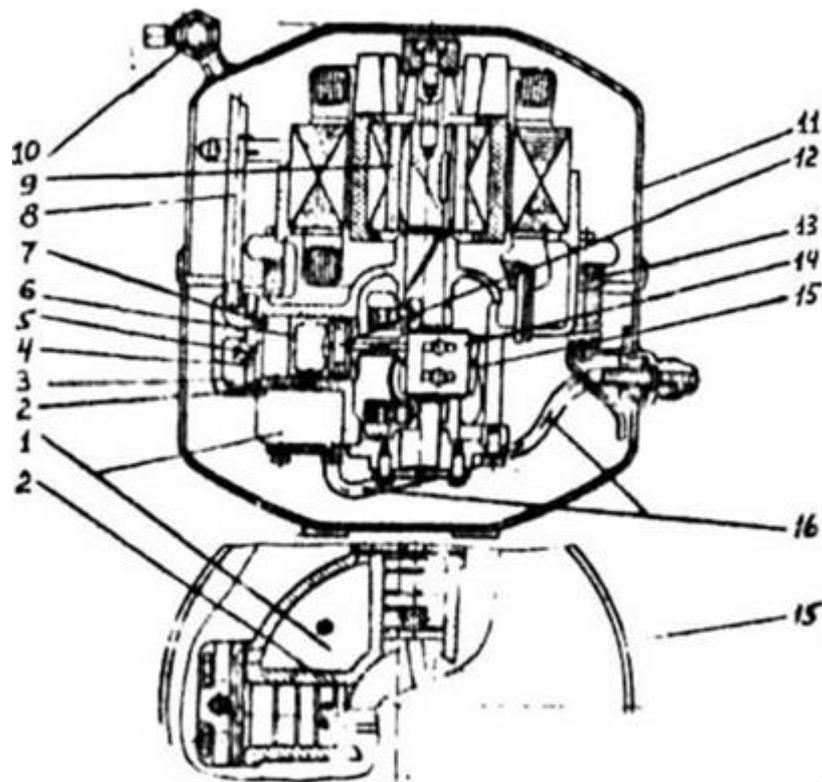


Рис. 18. Схема хладоного герметичного компрессора.

Непрямоточный компрессор работает следующим образом. Когда поршень отходит от клапанной доски, в результате чего в цилиндре создается разрежение, всасывающий клапан отстает от клапанной доски, и образуется свободный проход. Пары хладагента отступают в кожух (11) через установленный на его верхней половине вентиль (10).

При этом фреон охлаждает электродвигатель и через открытую сверху вертикальную трубку (8) (их две по числу цилиндров) направляется через всасывающую полость головки блока и отверстие в клапанной доске в цилиндр компрессора. По достижению крайнего положения поршень начинает движение в обратном направлении. Всасывающий клапан закрывается, перекрывая отверстие в клапанной доске. Происходит сжатие паров фреона. Когда давление в цилиндре несколько превышает величину  $P_k$ , нагнетательный клапан за клапанной доской (4) открывается, и фреон проходит через другое отверстие в клапанной доске в нагнетательную полость головки блока. Оттуда

через глушитель (1) (один на оба цилиндра) по нагнетательной трубе (16) выходит через вентиль в нижней части кожуха в конденсатор.

Преимуществом герметичного компрессора по сравнению с открытым является отсутствие шума при работе благодаря наличию кожуха, глушителя и креплению компрессора на пружинах амортизаторах. Исключена утечка фреона, ибо нет движущихся деталей, выходящих за пределы сварного кожуха. Благодаря охлаждению обмоток статора электродвигателя поступающими из испарителя холодными парами фреона, размеры и мощность электродвигателя почти вдвое меньше, чем у открытых компрессоров той же производительности. Расположение ротора электродвигателя на валу компрессора позволяет сделать его быстроходным, что в свою очередь влечет за собой уменьшение диаметров цилиндра, а, следовательно, массы и размеров компрессора при неизменной производительности.

Недостатком этого типа компрессоров является невозможность регулировать производительность, так как он, вместе с электродвигателем, заключен в сварной кожух.

### **В) Непрямоточный хладоновый бессальниковый (полугерметичный) компрессор**

Промежуточной конструкцией между открытым и герметичным компрессором является хладоновый вертикальный двухцилиндровый полугерметичный бессальниковый непрямоточный компрессор (рис. 19). В блок-картерную часть кожуха (6) запрессованы цилиндрические гильзы (8), в которых перемещаются поршни (7). Сверху над гильзами расположены клапанная доска (9) и крышка блока (10). Всасывающий вентиль (1) с фильтром (2), через который внутрь кожуха поступают холодильные пары фреона из испарителя, находится над электродвигателем (4), смонтированным на конце коленчатого вала (5). Охлаждая электродвигатель, фреон проходит по внутреннему пространству блок-картера, затем по специальным каналам во

всасывающую полость крышки блока и через всасывающие клапаны - в рабочие полости цилиндрических гильз.

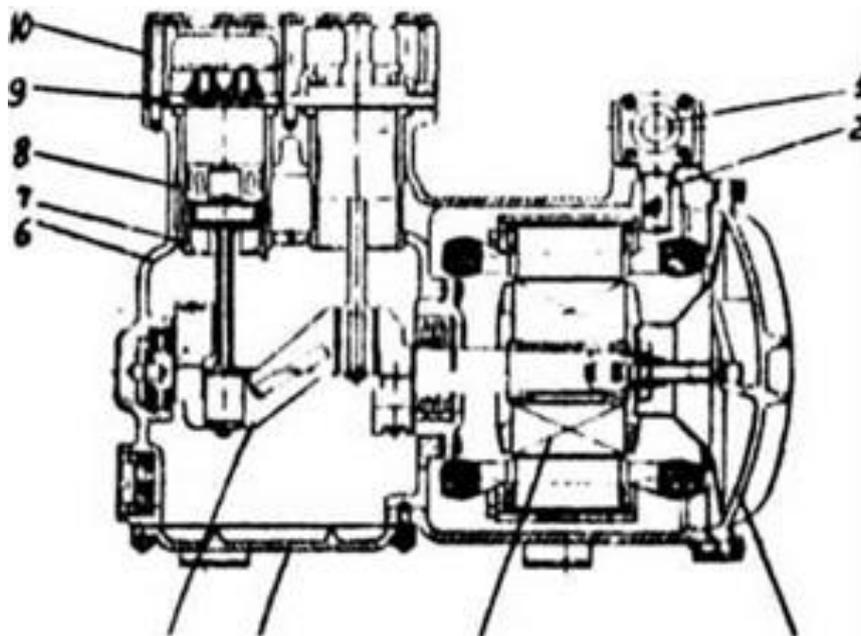


Рис. 19. Схема бессальникового (полугерметичного) компрессора

Подобно герметичному компрессору полугерметичный также размещен в общем кожухе с электродвигателем, так что отпадает необходимость в сальниковом уплотнении коленчатого вала. Однако кожух имеет разъемные соединения (3) и крышку (10) с резиновыми уплотнениями, через которые в меньшей степени (чем через сальниковое уплотнение), но возможна утечка фреона. В остальном сальниковый компрессор обладает теми же достоинствами, что и герметичный. Следует отметить удобство ремонта компрессора и замены электродвигателя благодаря разъемным соединениям. Для ремонта герметичного компрессора нужно кожух разрезать антогеном, а после ремонта вновь его заварить.

### **Г) Непрямоточный хладоновый сальниковый компрессор**

Для этого компрессора необходимо студентам самостоятельно описать принцип действия его и расшифровать его элементы (рис. 20).

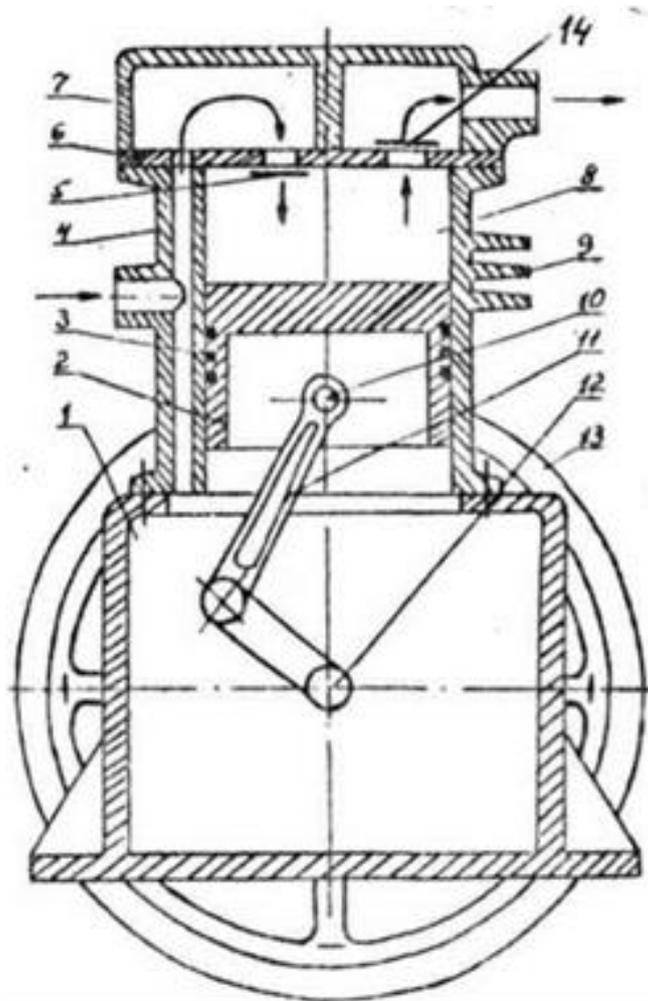


Рис. 20. Схема хладонового непрямоточного сальникового компрессора.

#### Д) Ротационный хладоновый компрессор

На рис. 21 представлена схема открытого хладонового ротационного компрессора. В отличие от поршневого компрессора ротационный не имеет кривошипно-шатунного механизма, и его поршень, называемый ротором, совершает не возвратно-поступательное движение, а вращательное.

Компрессор состоит из неподвижного цилиндра (1), внутри которого находится ротор (6). Сверху к ротору пружиной (4) прижимается лопасть (2), разделяющая рабочий объем цилиндра на две части: в одной происходит всасывание холодильного агента, а в другой - его сжатие и нагнетание. В компрессоре имеется только один нагнетательный клапан (5), всасывающий клапан отсутствует.

При вращении вала электродвигателя ротор, насаженный эксцентрично, катится по внутренней поверхности цилиндра (1). Когда ротор находится в верхнем положении, в цилиндре образуется одна серповидная полость, заполненная парами фреона. Как только ротор пройдет всасывающее отверстие (3), в цилиндре появится две полости, разделенные лопастью (2). По мере движения ротора объем полости позади ротора увеличивается, поэтому там наблюдается разрежение, и туда из испарителя всасываются пары хладона.

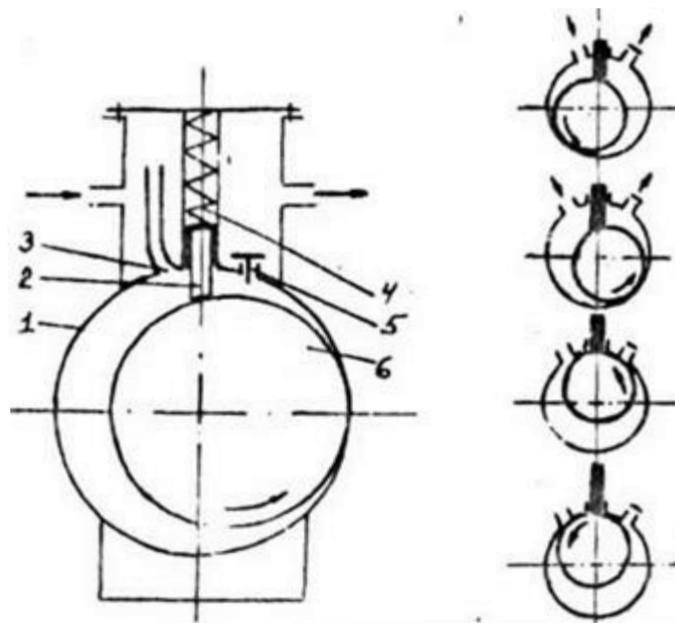


Рис. 21. Схема ротационного компрессора

Преимуществами ротационного компрессора являются небольшие размеры, отсутствие всасывающих, а иногда и нагнетательных клапанов. Из-за отсутствия деталей, совершающих возвратно-поступательное движение, компрессор более уравновешен, чем поршневой, поэтому его ротор может вращаться с большой скоростью. Меньший мертвый объем в цилиндре, чем у поршневого компрессора, обуславливает больший коэффициент подачи (лямбда).

К недостаткам следует отнести сравнительно высокий уровень шума при работе, более низкий КПД из-за повышенного расхода мощности на трение, а

также меньшую допустимую степень отжатия, чем у поршневого компрессора. Через сальниковое уплотнение вала возможна утечка холодильного агента.

### **Содержание отчета**

Отчет о проделанной работе должен содержать:

1. Схемы компрессоров, изображенных на рис. 17, рис. 19 и рис. 21;
2. Описание принципа работы прямоточного и непрямоточного поршневого компрессора;
3. Описание принципа действия ротационного компрессора;
4. Достоинства и недостатки всех изученных типов компрессоров;
5. Схему компрессора, представленного на рис. 20, с обозначением его составных частей и описанием принципа его работы.
6. Ответы на контрольные вопросы.

### **Контрольные вопросы**

1. Какая принята в холодильной технике классификация компрессоров?
2. В чём состоят конструктивные особенности непрямоточных сальниковых компрессоров открытого типа?
3. Каков принцип работы клапанов поршневого компрессора 2ФВ4?
4. Каковы эксплуатационные достоинства и недостатки герметичных компрессоров?
5. Каким образом обеспечивается сжатие холодильного агента в винтовых компрессорах?
6. Каковы конструктивные особенности центробежных компрессоров?
7. Какие параметры являются основой для выбора холодильной машины?

## Лабораторная работа № 4. **Приборы автоматики холодильных машин.**

### **Цель работы:**

практическое изучение конструкции и принципа действия основных приборов автоматического регулирования и автоматической защиты, обеспечивающих надежность и безопасность работы холодильных машин.

### **Порядок проведения работы:**

1. Пользуясь лекционным материалом и методическим руководством, усвоить назначение и включение в схему холодильной машины следующих приборов автоматики:

- терморегулирующего вентиля (ТРВ);
- реле давления (РД);
- реле температуры (РТ);
- водорегулирующего вентиля (ВРВ).

2. По плакатам и натуре изучить конструкцию, принцип работы и настройку вышеуказанных приборов автоматики.

3. Оформить отчет по проделанной работе.

### **Методические указания и пояснения к работе**

#### **1) Терморегулирующий вентиль.**

ТРВ (рис. 22) служит для автоматического регулирования заполнения испарителя жидким холодильным агентом в зависимости от степени перегрева паров, выходящих из испарителя.

ТРВ устанавливается на входе холодильного агента в испаритель, а его термобаллон (10) при монтаже плотно прижимают к трубопроводу на выходе из испарителя.

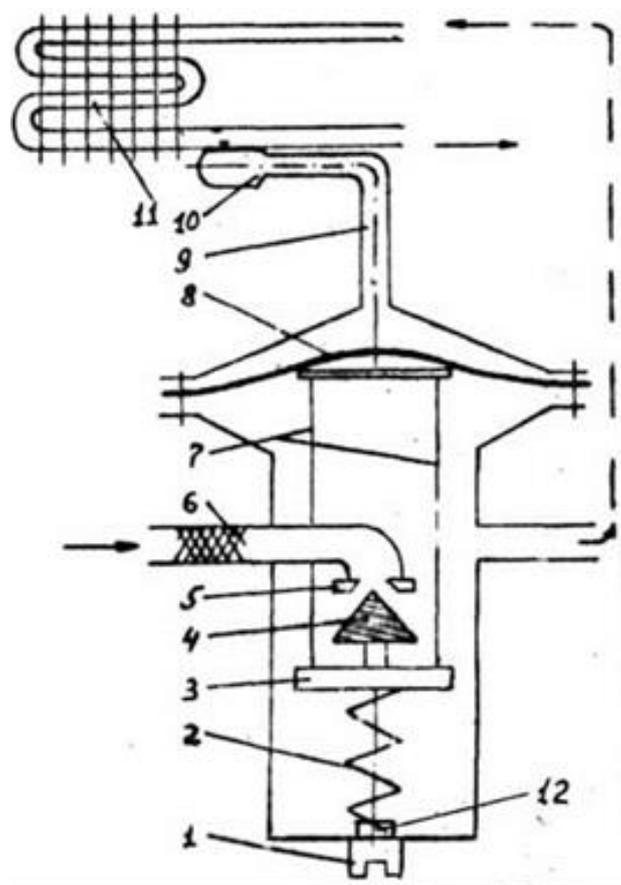


Рис. 22. Схема терморегулирующего вентиля.

Термобаллон соединен с ТРВ капиллярной трубкой (9). Внутри ТРВ имеется мембрана (8), отделяющая силовую часть ТРВ от регулирующей. Силовая часть, включающая термобаллон, капиллярную трубку и пространство над мембраной, представляет собой замкнутую полость, заполненную жидким фреоном. К регулирующей части относится игольчатый клапан (4), закрепленный в иглодержателе (3) и прижатый пружиной (2) к седлу (5). Степень сжатия пружины (2) можно изменять вращая ниппель (1), т. е. перемещая гайку (12) вверх или вниз. Это приводит к изменению степени заполнения испарителя жидким холодильным агентом.

При недостатке жидкого холодильного агента в испарителе температура выходящих из него паров повышается. Фреон в термобаллоне, воспринимая теплоту, испаряется. Давление в силовой части ТРВ повышается и передается на мембрану. Она, прогибаясь, давит на толкатели (7) регулирующей части

ТРВ, которые отжимают иглодержатель с игольчатым клапаном от седла клапана. При этом пружина сжимается, холодильный агент проходит сетчатый фильтр (6), потом через образовавшийся при открытии клапана узкий проход поступает в широкую полость ТРВ за клапаном, в результате чего дросселируется и направляется в испаритель.

Степень открытия игольчатого клапана зависит от величины перегрева паров, отсасываемых из испарителя. ТРВ настраивается на определенную температуру перегрева с помощью ниппеля (1), регулирующего натяжение пружины. При вращении ниппеля по часовой стрелке игольчатый клапан открывается при меньшем перегреве паров, выходящих из испарителя. Минимальный перегрев, при котором открывается клапан, равен +1-2 градуса Цельсия, максимальный - +10, нормальным считается - +4-5.

При избыточном поступлении жидкого холодильного агента в испаритель понижается температура выходящих из него паров, и термобаллон охлаждается. Пары фреона в термобаллоне конденсируются, давление в силовой части ТРВ понижается. Мембрана выпрямляется. Регулировочная пружина, разжимаясь, давит на иглодержатель, и игольчатый клапан закрывает проход, прекращая поступление холодильного агента в испаритель.

## **2) Реле давления.**

РД (рис. 23) служит для включения и выключения компрессора в зависимости от давления на всасывающей и нагнетательной линии.

РД состоит из двух частей: реле низкого давления - прессостата и реле высокого давления - маноконтроллера. Прессостат поддерживает заданное давление, следовательно, температуру кипения холодильного агента в испарителе. Маноконтроллер предотвращает возможную аварию машины при опасном повышении давления в нагнетательной линии. Оно, возможно при прекращении подачи воды в конденсаторе, чрезмерном повышении температуры наружного воздуха, если холодильный агрегат установлен в



и подгорания контактов. Электродвигатель включается, и компрессор начинает откачивать пары холодильного агента из испарителя.

Когда давление в испарителе станет ниже заданного предела, происходит замыкание электрических контактов и остановка компрессора. Сильфон датчика прессостата перестает испытывать избыточное давление, растянутая ранее регулировочная пружина сжимается и восстанавливает в исходное положение рычаг (5). При этом тяга и рамка дифференциала поднимаются, и контактная пластинка разъединяет электрические контакты.

От давления и, следовательно, температуры в испарителе зависит температура в охлажденном объекте. Давление, при котором происходит выключение контактов, регулируется в пределах от 0,75 до 3,8 кг/см<sup>2</sup>, а разность давлений включения и выключения (дифференциал прибора) - от 0,4 до 1,5 кг/см<sup>2</sup>.

Дифференциал прессостата регулируется винтом (10). При вращении его по часовой стрелке планка (8) дифференциала поднимается, зазор между планкой и кромкой рамки (9) уменьшается. При этом давление включения уменьшается.

Датчик маноконтроллера (20) капиллярной трубки (17) присоединяется к нагнетательной линии компрессора. При опасном повышении давления сильфон (19) датчика сжимается, толкатель (23) давит на рычаг (18), который отжимает пружину (21) и высвобождает кулачок (16). Последний ударяет по текстолитовой пластинке (15), соединенной с контактной пластиной. Происходит разрывание электрических контактов, и компрессор прекращает работу, пока давление в нагнетательной линии не станет допустимым.

Давление замыкания контактов маноконтроллером регулируется на заводе-изготовителе РД с помощью гайки (22) так, чтобы при давлении нагнетания 11 - 12 атм компрессор останавливается. При вращении гайки (22) против часовой стрелки маноконтроллер настраивается на более низкое давление выключения электрических контактов. Нерегулируемый

дифференциал маноконтроллера равен 2,5 атм, значит компрессор заработает, когда давление в нагнетательной линии снизится до 8,5 - 9,5 атм.

### 3) Водорегулирующий вентиль.

ВРВ (рис. 24) служит для поддержания заданного давления конденсации  $P$  путем регулирования поступления воды в конденсатор в зависимости от давления паров холодильного агента в конденсаторе.

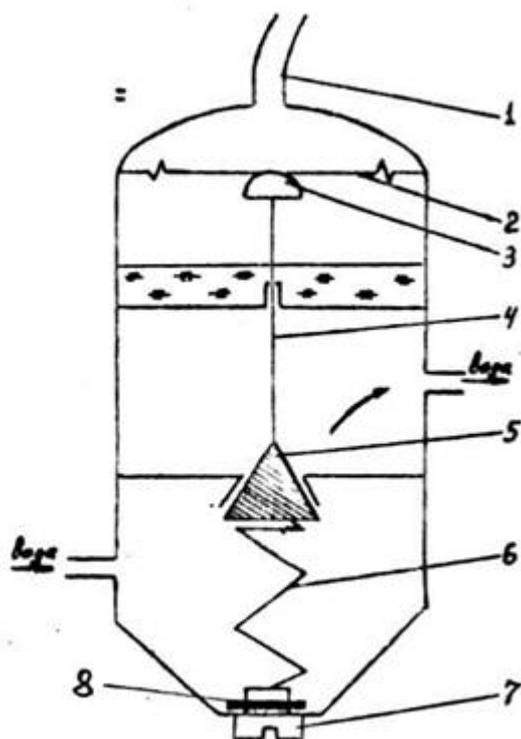


Рис. 24. Схема водорегулирующего вентиля.

ВРВ устанавливается на водном трубопроводе, по которому вода входит в конденсатор. С помощью капиллярной трубки (1) ВРВ соединен с нагнетательной линией, так что мембрана (2) внутри ВРВ находится под давлением  $P$ . Если давление в нагнетательной линии и, следовательно, в конденсаторе становится выше заданного  $P$ , то мембрана прогибается, давит на грибок (3), шток (4) опускается, и клапан (5) на конце штока открывает отверстие для прохода воды. При этом отжимается вниз регулировочная пружина (6).

Когда давление в конденсаторе снижается, мембрана выпрямляется, пружина разжимается, а клапан закрывается.

Настраивается ВРВ на определенное давление  $P$  с помощью регулировочного болта (7), изменяющего натяжение пружины. При вращении болта по часовой стрелке воды в конденсатор будет поступать меньше, тогда  $P$  возрастет. Практически разность температуры воды, выходящей и входящей в конденсатор, поддерживается равной 5 - 7 град С. При этом температура конденсации устанавливается на 5 град С выше температуры воды, выходящей из конденсатора.

#### **4) Реле температуры.**

РТ (рис. 25) служит для поддержания заданной температуры в охлаждаемом объекте путем пуска и остановки компрессора.

Термобаллон (1) РТ помещают в среду (воздух в камере, рассол, воду холодильный агент), температуру которой следует поддерживать постоянной, или плотно прижимают к стенке, за которой эта среда находится (например, к стенке испарителя в домашнем холодильнике).

Термобаллон, капиллярная трубка (2), пространство между стенкой датчика (3) и сильфоном (4) образуют замкнутую систему, заполненную фреоном. Термобаллон воспринимает повышение температуры охлаждаемой среды. Фреон внутри термобаллона испаряется, давление повышается и передается по капиллярной трубке на сильфон. Он сжимается. Толкатель (5) давит на трехплечий рычаг (6), поворачивая его против часовой стрелки. При этом растягивается пружина (7), а тяга (9) отклоняет также против часовой стрелки рычаг (10), закрепленный на оси (11). Контактная пластина (13) на конце этого рычага приближается к электрическим контактам (14) и благодаря постоянному магниту (12) быстро замыкает их. Компрессор начинает отсасывать пары холодильного агента из испарителя. Температура в охлажденном объекте снижается.

При понижении температуры и давления в термобаллоне (1) растянутая ранее пружина (7) сжимается, рычаги (6) и (10) поворачиваются по часовой стрелке до исходного положения, размыкая при этом электрические контакты. Компрессор останавливается.

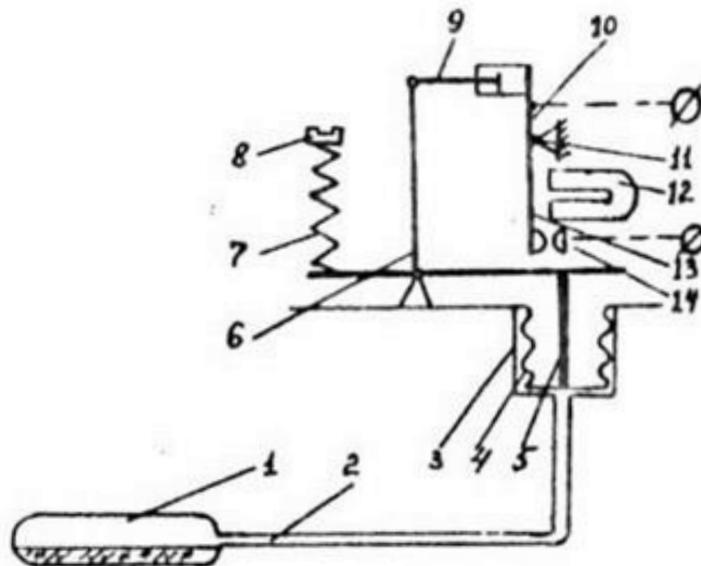


Рис. 25. Схема реле температуры.

Разность температур, при которой происходит замыкание и размыкание контактов РТ, называется дифференциалом. Его величина не регулируется и равняется 7 - 8 град С.

Настройку РТ производят винтом (8), регулирующим натяжение пружины. При повороте винта по часовой стрелке из положения «Выкл.» в положение «Холод» температура выключения компрессора понижается примерно на 8 град С.

### Содержание отчета

Отчет по проделанной работе должен содержать:

- 1) Схему приборов автоматики (ТРВ, РД, ВРВ, РТ);
- 2) Описание принципа работы и настройки изучаемых приборов автоматики;

3) Выполнение следующего задания:

Включить схему холодильной машины с системой непосредственного охлаждения (лаб. работа 1) РТ, а в схему с рассольным охлаждением РД и ВРВ (лаб. работа 2);

4) Схему холодильного агрегата и (или) холодильной машины (по указанию преподавателя), используя условные обозначения.

5) Ответы на контрольные вопросы.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие функции выполняют приборы автоматики?
2. Какие процессы регулируются в холодильных машинах?
3. Каковы причины возникновения повышенного давления при работе холодильной машины?
4. Опишите назначение, принцип действия, место размещения в схеме холодильной машины реле температуры?
5. В чём назначение, устройство, принцип действия, место размещения в схеме холодильной машины соленоидных вентиляей?
6. Каковы назначение, устройство, принцип действия, место размещения в схеме холодильной машины водорегулирующих вентиляей?
7. Какие типы приборов автоматики, используемые в холодильной технике?
8. Как обеспечивается регулировка температуры воздуха в охлаждаемых объёмах?

## Литература

1. Большаков С.А. Холодильная техника и технология продуктов питания: учебник для вузов. М.: Академия, 2003. 304 с.
2. Головкин Н.А. Холодильная техника и технология пищевых продуктов. М.: Легкая промышленность, 1984.
3. Голянд М.М., Малеванный Б.Н. Холодильное технологическое оборудование. М.: Пищевая промышленность, 1977.
4. Демьянков Н.В., Маталасов С.Ф. Хладотранспорт. М.: Транспорт, 1976.
5. Маке В., Эккерт Г.Ю., Кошпен Ж.-Л. Учебник по холодильной технике. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998.
6. Мещеряков Ф.Е. Основы холодильной техники и технологии. М.: Пищевая промышленность, 1975.
7. Применение холода в пищевой промышленности: справочник. М.: Пищевая промышленность, 1979. ч. 1,2.
8. Стрельцов А.Н., Шишов В.В. Холодильное оборудование предприятий торговли и общественного питания. М.: «Академия», 2003. 272 с.
9. Цуранов О.А., Крысин А.Г. Холодильная техника и технология / под ред. В.А. Гуляева. СПб.: «Лидер», 2004. 448 с.
10. Эксплуатация холодильников: справочник. М.: Пищевая промышленность, 1977.
11. Зеликовский И. Х., Каплан Л. Г. Справочник по малым холодильным машинам и установкам. М.: Пищевая промышленность, 1968.
12. Правила техники безопасности на фреоновых холодильных установках. М.: ВНИХИ, 1967.
13. Чубин И.А., Маслов А.М. Справочник по теплофизическим характеристикам пищевых продуктов и полуфабрикатов. М.: Пищевая промышленность, 1970.

Учебное издание

*Исаев Хафиз Мубариз-оглы*  
*Купреенко Алексей Иванович*  
*Михайличенко Станислав Михайлович*  
*Исаев Самир Хафизович*

**«Холодильное и вентиляционное оборудование»,**

**Раздел**

**Холодильное оборудование**

Учебно-методические указания  
для выполнения лабораторных работ  
по направлению 35.03.06 Агроинженерия, профиль Технологическое  
оборудование для хранения и переработки сельскохозяйственной  
продукции, очной и заочной формы обучения

Редактор Осипова Е.Н.

---

Подписано к печати 19.11.2021 г. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Усл. п. л. 3,25. Тираж 25 экз. Изд. № 7159.

---

Издательство Брянского государственного аграрного университета  
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ