

**ГАЖК «Ўзбекистон темир йўллари»  
Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта**

«Разрешаю в печать»  
Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ Ф.Ф. Каримова

**Р.П. Нигай**

## **Холодильные машины и установки**

*Методические указания  
к выполнению лабораторных работ  
для студентов магистратуры по специальности  
5А521104- «Вагоны»*

**Ташкент – 2010**

**ГАЖК «Ўзбекистон темир йўллари»  
Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта**

## **Холодильные машины и установки**

*Методические указания  
к выполнению лабораторных работ  
для студентов магистратуры по специальности  
5А521104- «Вагоны»*

**Ташкент – 2010**

**ГАЖК «Ўзбекистон темир йўллари»  
Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта**

## **Холодильные машины и установки**

**Ташкент – 2010**

УДК 629.4.048.3.7621.5/6

Методические указания предназначены для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Холодильные машины и установки», предусмотренные типовой программой дисциплины.

Проведение лабораторных работ позволит студентам ознакомиться с устройствами и принципами работ холодильных машин рефрижераторного подвижного состава и установок кондиционирования воздуха пассажирских вагонов.

Методические указания рекомендованы к изданию решением учебно-методической комиссии Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта

Составители: Нигай Р.П. – к.т.н., доцент кафедры «Вагоны»

Рецензенты: Эргашев З.З. – к.т.н., доцент, начальник дорожного центра подготовки и переподготовки кадров ГАЖК «Ўзбекистон темир йўллари»

Связев В.П. – к.т.н., доцент кафедры «ПС и ЭТ» ТаШИИТ

© Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта, 2010г.

## Лабораторная работа № 1

### Устройство и принцип работы холодильной установки FAL 056/7

**Цель работы:** Изучить конструкцию и принцип работы холодильной установки FAL 056/7.

#### 1.1. Устройство холодильной установки FAL 056/7

##### 1.1.1. Компонировка

Холодильная установка выполнена компактной конструкции в виде автономного агрегата, т.е. все детали собраны на одной раме. Холодильный агрегат состоит из трех основных групп:

- компрессорно-конденсаторный агрегат - машинная сторона: находится вне охлаждаемого помещения;
- испарительный агрегат - сторона испарителя: эта часть входит в охлаждаемое помещение;
- электрический приборный ящик: он также находится на машинной стороне, в нижней части компрессорно-конденсаторного агрегата.

Машинная сторона и сторона испарителя соединены между собой рамой из полиэфирной смолы, заполненной пенополистиролом, которая в зоне установочного проема одновременно изолирует их по отношению к ней.

Элементы конструкции, расположенные на отдельных сторонах, видны на рис. VI. 8 [2].

Соединения выполнены в виде разъемных соединений с отбортовкой, фланцевых соединений на пайке.

##### 1.1.2. Электрическая установка холодильного агрегата

Электрическая установка охватывает все приборы, необходимые для автоматической работы холодильного агрегата. Устройство регулирования температуры не входит в объем поставки холодильного агрегата. Электрическая установка состоит из элементов, находящихся в электрическом приборном ящике, а также из следующих приборов:

- MV10.22 - (9) - магнитный вентиль на жидкостном трубопроводе;
- EVZDA-15 - (2) - магнитный вентиль на линии оттайки горячими парами;
- RT-14 - (3) - термостат для окончания процесса оттаивания;
- RT-5 - (19) - реле максимального давления для холодильного агрегата;
- RT-5 - (17) - реле максимального давления для вентиляторов конденсатора;

RT-7 - (18) - термостат от пониженной температуры масла;  
 612.10 - (20) - реле минимального давления.

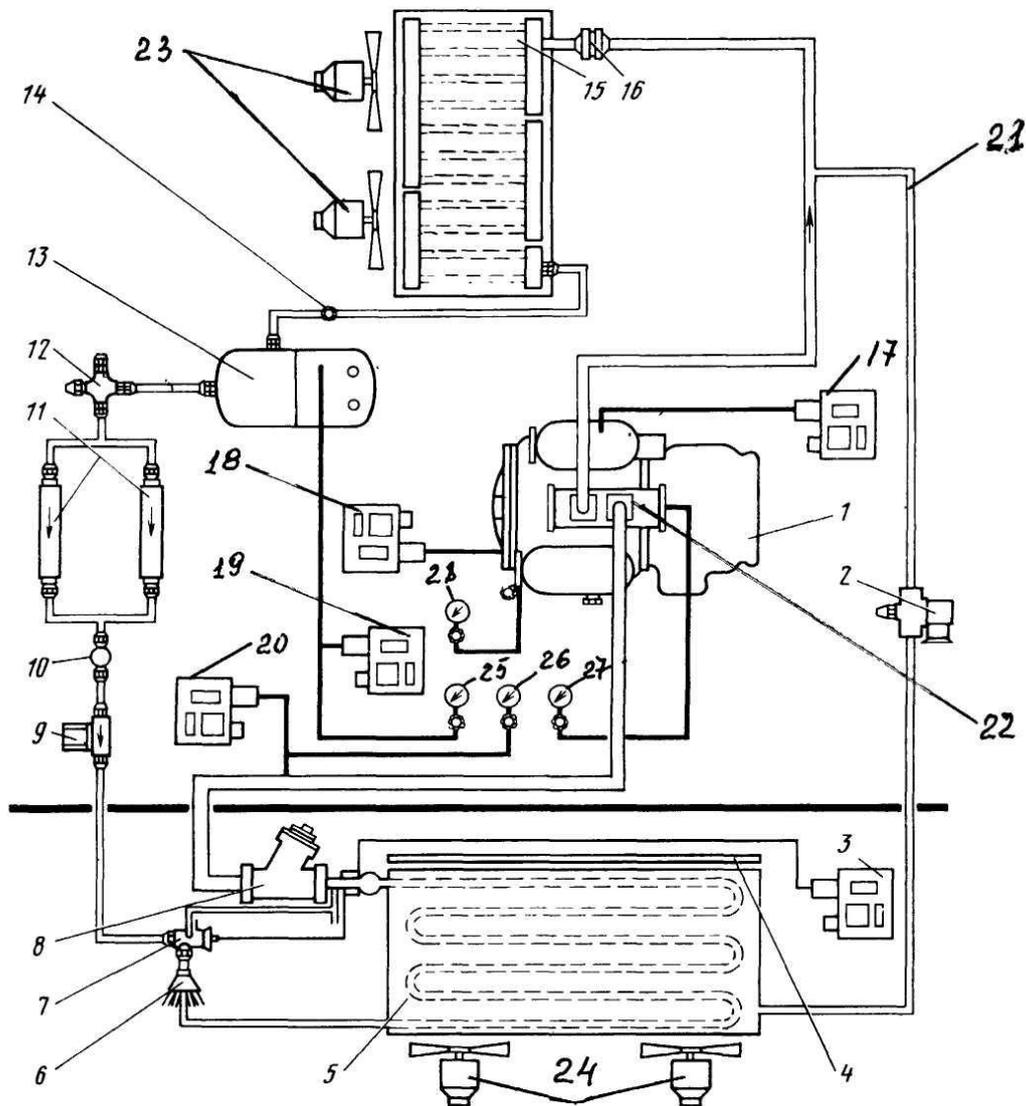


Рисунок 1.1. Схема холодильной установки FAL 056/7

## 1.2. Описание принципа действия

### 1.2.1. Общий принцип действия

В режимах охлаждения и отопления холодильный агрегат работает автоматически. Требуемая температура грузового помещения поддерживается постоянной в заданном диапазоне с помощью электрической установки в сочетании с устройством регулирования температуры вагона. Примечание: холодильный агрегат может работать от тока местной сети или от дизельгенераторного агрегата.

После включения холодильного агрегата с помощью переключателя (ЗРІQ1) компрессор (1) с задержкой на время, установленное на реле времени (ЗРІКЗ), начинает работать и до открывания автоматического запорного вентиля (22) работает на байпасном режиме.

После того, как создано необходимое для смазки компрессора (1) давление масла, автоматический запорный вентиль открывается. Он приводит в действие поршень на автоматическом запорном вентиле (22). Проходя через обратный клапан (16), хладагент поступает в конденсатор (15). Расположенные там сбоку вентиляторы (23) нагнетают необходимый для охлаждения (т.е. конденсации) воздух через конденсатор.

В установленных параллельно за конденсатором (15) в фильтрах осушителях (11) содержится синтетический осушитель, который поглощает возможно имеющуюся в хладагенте влагу. Конус фильтра улавливает загрязнения в виде твердых частиц.

Смотровое окно (10) со встроенным индикатором влаги показывает приблизительное содержание влаги в хладагенте.

Магнитный вентиль (9) на жидкостном трубопроводе при неработающем компрессоре или же при работе на оттаивание, закрыт. Этим предотвращается дополнительное впрыскивание хладагента в испаритель (5).

Терморегулирующий вентиль (7) в зависимости от фактически имеющегося перегрева хладагента (на выходе) регулирует подаваемое в испаритель (5) количество хладагента. Одновременно давление жидкого хладагента снижается до давления испарения. При правильной регулировке ТРВ обеспечивает, чтобы из испарителя выходил только перегретый хладагент. Через распределитель (7) жидкий хладагент равномерно распределяется по отдельным рядам трубок испарителя. Испаритель (5) состоит из нескольких горизонтальных рядов труб с пластинами. Здесь впрыскиваемый терморегулирующим вентилем хладагент испаряется. Два вентилятора (24) испарителя нагнетают воздух из грузового помещения через испаритель (5). При этом тепло, необходимое для испарения хладагента (теплота испарения), отводится от этого воздуха, вследствие чего достигается необходимое охлаждение.

При работе на режиме отопления два вентилятора (24) испарителя подают воздух из грузового помещения к нагревательным элементам (4) отопления, расположенным на торцевой стороне испарителя (5).

Регулятор пуска (8) служит для ограничения давления всасывания на компрессоре. Ограничивая верхний предел давления всасывания на установленное значение, он предохраняет электромотор компрессора от перегрузки.

Для контроля за работой агрегата установлены четыре манометра:

28 - манометр давления масла

25 - манометр высокого давления

26 - манометр давления всасывания

27 - манометр промежуточного давления.

Для повышения срока службы манометров их следует подвергать нагрузке только для снятия показаний, т.е. их ручные запорные вентили должны быть закрыты. При снятии показаний ручные запорные вентили открыть настолько, чтобы стрелка манометра не дрожала и правильно показывала значение измерения.

Примечание: фактически имеющееся давление масла следует определять по разности показаний манометров давления масла (28) и давления всасывания (26).

### **1.2.2. Циркуляция хладагента при охлаждении**

Положение магнитных вентиляхей: (9) – открыт,  
(2) – закрыт.

Компрессор (1) всасывает из испарителя (5) газообразный хладагент, сжимает его и нагнетает в нагнетательный трубопровод в направлении конденсатора (15). В конденсаторе (15) хладагент охлаждается и этим самым сжижается. В виде жидкости он проходит дальше через ресивер (13), фильтры-осушители (11), смотровое стекло с индикатором влаги (16) и магнитный вентиль (9) в терморегулирующий вентиль (7). Отсюда он, через распределитель (8), равномерно распределяется по трубкам испарителя (5). В испарителе (5) хладагент испаряется и отнимает тепло от воздуха грузового помещения, проходящего между пластинами испарителя.

После этого цикл начинается вновь.

### **1.2.3. Циркуляция хладагента при оттаивании**

Положение магнитных вентиляхей: (9) – закрыт,  
(2) – открыт.

Подаваемые компрессором (1) горячие пары хладагента поступают в трубопровод горячих паров и через магнитный вентиль (2) непосредственно в испаритель (5), где они вызывают его оттаивание.

Дальше хладагент через регулятор пуска (8) опять возвращается в компрессор (1).

### 1.3. Рабочие процессы

#### 1.3.1. Режим охлаждения

Один нагревательный элемент картера компрессора (1) включен и вентиляторы испарителя (24) работают, пока переключатель (3P1Q1) находится в положении «включено». Если температура охлаждаемого помещения превышает значение, установленное на регуляторе температуры, автоматика включает холодильный агрегат.

Последовательность включения при импульсе: «охлаждение включено»:

А) срабатывает реле времени (3P1K3);

Б) по истечении установленного на реле времени (в мин.) компрессор запускается; магнитный вентиль (9) открывается, нагревательный элемент картера компрессора отключается;

В) вентиляторы конденсатора (23) начинают работать, как только давление в конденсаторе достигло верхнего значения включения, установленного на реле давления (17), т.е. включение вентиляторов осуществляет реле давления (17).

При снижении температуры грузового помещения до значения, установленного на регуляторе температуры, компрессор выключается. Последовательность выключения при импульсе: «охлаждение выключено»:

А) компрессор останавливается;

Б) магнитный вентиль (9) закрывается: один нагревательный элемент маслованны компрессора (1) включается;

В) вентиляторы конденсатора (23) останавливают реле давления (17) после того, как давление в конденсаторе (15) опять снизилось на установленное значение дифференциала реле давления.

Переключение с охлаждения на отопление и наоборот происходит автоматически.

##### 1.3.1.1. Режим охлаждения при слишком низкой температуре масла

Работа на режиме охлаждения невозможна, когда температура масла ниже значения срабатывания термостата (18). Если все-таки со стороны регулятора температуры требуется «охлаждение», то до пуска компрессора (1) автоматически включаются второй нагревательный элемент картера, электрообогрев распределителя (3P1R2) и вентиляторы (23). Только после того, как температура масла достигла верхнего значения срабатывания термостата - 15°C, включается компрессор и выключаются нагревательный элемент картера, электрообогрев распределителя (3P1R2) и вентиляторы (23).

### **1.3.1.2. Режим охлаждения при слишком низком давлении всасывания**

Работа на режиме охлаждения невозможна при давлении всасывания на компрессоре ниже нижнего значения срабатывания реле давления (20)  $\approx 0,05$  Мпа ( $\approx 0,05$  кгс/см<sup>2</sup>) избыточного давления.

Компрессор включается только после того, как давление всасывания достигло верхнего значения срабатывания реле давления (20)  $\approx 0$  Мпа ( $\approx 0$  кгс/см<sup>2</sup>) избыточного давления.

### **1.3.2. Режим отопления**

Когда температура грузового помещения ниже установленного на регуляторе температуры значения, включается отопление грузового помещения (4). При отоплении холодильный агрегат (система циркуляции хладагента) не работает, но вентиляторы испарителя (24) работают.

Импульс на включении: «отопление включено».

При достижении установленной температуры отопление (4) грузового помещения выключается.

Импульс на выключении: «отопление выключено».

### **1 3.3. Режим оттаивания**

Во время процесса охлаждения испаритель (5) покрывается инеем. При сильном покрытии инеем не обеспечивается достаточная теплоотдача и температура испарения падает. Необходимо произвести оттаивание испарителя.

Оттаивание производится через равномерные интервалы. Соблюдение интервалов и включение процесса оттаивания осуществляется часовым механизмом (ЗР1К7). Оттаивание производится горячими парами хладагента, проходящими через испаритель.

Последовательность включения при импульсе: «оттаивание включено»;

А) магнитный клапан (9) на жидкостном трубопроводе закрывается;

Б) вентиляторы испарителя (24) останавливаются;

В) вентиляторы конденсатора (23) останавливаются.

Испаритель (5) снизу отделен от грузового помещения теплоизоляционной плиткой, чтобы при оттаивании тепло значительно не влияло на температуру грузового помещения. Так как при оттаивании вентиляторы испарителя (24) не работают, почти не происходит выравнивание температуры между холодильным агрегатом (сторона испарителя) и грузовым помещением.

Окончание процесса оттаивания производится часовым механизмом (ЗР1К7) после истечения установленного времени оттаивания. Если температура на поверхности испарителя (5) уже до истечения времени

оттаивания превышает температуру, установленную на термостате (3), то процесс оттаивания прекращается преждевременно этим термостатом. Переключение на режим охлаждения происходит автоматически.

## **1.4. Описание функций электрической установки**

### **1.4.1. Ввод в эксплуатацию**

Описание функций производится на основе схемы цепей тока. Цифры в скобках обозначают линии на схеме цепей тока. Приборы без номера узла относятся к группе распределительной коробки ЗР1.

Холодильный агрегат следует заземлить при помощи защитного провода с массой вагона. Электрическая установка холодильного агрегата соединяется с бортовой сетью вагона 380 В, 3/PEN 50 Гц при помощи четырехполюсного силового штекера 3\* с системой снабжения током управления вагона 220В. Включение и выключение холодильного агрегата производится при помощи выключателя цепей управления Q1, соединяющего цепь управления с бортовой сетью вагона или же рассоединяющего их.

В положении «О» выключателя установка выключена, но не обесточена. Для проведения работ по ремонту в любом случае следует разъединить силовой штекер и штекер управления.

В положении «1» выключателя силовые цепи и цепи управления находится под напряжением. Возбуждаются контакторы Q5(326) и Q(328) и включаются вентиляторы испарителя 3М2 и 3М3. Одновременно возбуждается электронная защита мотора F2(304) и включается нагревательный элемент маслованны 3R4 (316). После этого холодильный агрегат готов к работе. Через штепсельное устройство X2 со стороны вагона поступают импульсы на «охлаждение» и «отопление».

### **1.4.2. Работа на «охлаждение»**

При наличии импульса «охлаждение» через реле K1(302) возбуждается реле времени K3(306) с замедленным притягиванием. Реле K3 предназначено для ограничения максимальной частоты пуска компрессора до 10/час. По истечении времени выдержки 8 минут через замыкающий контакт K1(307) включается контактор компрессора Q2(308). Контактор Q2 остается в состоянии самоблокировки, в то время как реле времени K3(306) опять включается, через размыкающий контакт Q2 пускается компрессор 3М1. Одновременно открывается магнитный вентиль 3У1 на жидкостном трубопроводе и счетчик моточасов P1(309) регистрирует моточасы компрессора. Нагревательный элемент 3R4(316) отключен.

### **1.4.3. Защита мотора компрессора**

Защита мотора компрессора работает на электронной основе. Установленные в обмотке мотора датчики (термистеры ТПМ 90) замеряют температуру обмотки. Сопротивление термисторов оказывает влияние на состояние включения присоединенного прибора электронной защиты мотора F2(304). Если температура обмотки превышает допустимое значение, то контакт F2(306) через контактор Q2 выключает компрессор.

### **1.4.4. Защита от недопустимого давления**

В линии 306 контактора компрессора установлены два реле давления. Состояние «высокое давление» контролирует реле давления 3B1(306), а состояние «слишком низкое давление всасывания» (пониженное давление) реле давления всасывания 3B5(306). Оба состояния приводят к отключению компрессора до тех пор, пока не будут созданы нормальные условия давления или же не будут устранены неисправности.

### **1.4.5. Сигнализация неисправностей**

Сигнальная лампа H1(312) показывает неисправности:

- высокое давление, 3B1(312);
- слишком низкое давление всасывания, 3B5(311);
- слишком высокая температура мотора, F2(310).

Одновременно реле K4(310) сигнализирует неисправное состояние компрессора через контакт K4(303) в сторону электрооборудования вагона.

### **1.4.6. Оттаивание**

Оттаивание испарителя происходит в зависимости от времени через каждые 11 часов работы компрессора.

При работающем компрессоре через замыкающий контакт Q2 (321) контактора компрессора управляется программный часовой механизм K7(322). По истечении предварительно заданного времени происходит возбуждение контактора для оттаивания Q3(318) и открывается магнитный вентиль 3У2 на линии оттаивания горячими парами. Одновременно закрывается магнитный вентиль 3У1(307) на жидкостном трубопроводе системы циркуляции хладагента и выключаются вентиляторы (326).

Контактор для оттаивания Q3, кроме того, включает находящийся на вагоне электрообогрев ванны испарителя.

Процесс оттаивания заканчивается после истечения рабочего времени программного часового механизма K7 (11 час). Если температура в

испарителе уже до истечения рабочего времени программного часового механизма повысилась до 14°C, то процесс оттаивания заканчивается при помощи термостата 3В3.

#### **1.4.7. Блокировка оттаивания и принудительное оттаивание**

Во избежание взаимного влияния холодильных агрегатов при оттаивании (двух холодильных агрегатов, установленных на вагоне) они должны быть сблокированы друг по отношению к другу. В качестве блокирующего реле используется К5(317). Это реле всегда управляется холодильным агрегатом другой стороны вагона. Линия (317) одновременно служит для управления К5 другого холодильного агрегата. Это значит, что Х2/6 одного холодильного агрегата должно быть соединено с Х2/7 другого холодильного агрегата и наоборот.

Таким образом, циклы оттаивания определяются тем холодильным агрегатом, который был включен первым выключателем Q1.

Включение процесса оттаивания для обоих холодильных агрегатов производится теперь с помощью К7 холодильного агрегата, который был включен первым. Выключение производится отдельно, а также в зависимости от температуры, как описано в разделе «оттаивание».

Включение обоих компрессоров для работы на охлаждение, однако, блокируется до тех пор, пока не будет закончен процесс оттаивания обоих холодильных агрегатов (Х2/4).

Тот холодильный агрегат, который заканчивает процесс оттаивания первым, может начать работу на охлаждение только после повторного истечения времени, установленного на К3, в то время как второй холодильный агрегат может работать на охлаждение сразу.

Соединение двух холодильных агрегатов для блокировки процесса оттаивания и принудительного оттаивания производится при помощи штекера цепей управления Х2 путем соединения клемм 3 и 3, 4 и 4, 5 и 5.

#### **1.4.8. Вентиляторы конденсатора**

Вентиляторы конденсатора включаются, когда давление в конденсаторе превышает установленное на прессостате (3В2) значение 1,0 Мпа (10 кгс/см<sup>2</sup>) избыточного давления.

При этом путем коммутационных мероприятий на (Х2) можно определить, сколько вентиляторов (один или два) должны работать.

#### **1.4.9. Защита вентиляторов**

Все вентиляторы защищены термическими реле максимального тока. Выход из строя вентиляторов испарителя, кроме того, показывается сигнальными лампами Н2(327) и Н3(329).

#### **1.4.10. Защита от пониженной температуры**

Термостатом (ЗВ4) предотвращается пуск компрессора при температуре ниже  $-20^{\circ}\text{C}$ , замеряемой на масляной ванне. Одновременно этот термостат при температуре ниже  $-20^{\circ}\text{C}$  включает второй нагревательный элемент маслованны, электрообогрев распределительного щита и вентиляторы конденсатора.

#### **1.4.11. Работа на отопление**

Условием для работы на режиме отопления является наличие соответствующего импульса на штекере цепей управления Х2/2.

Размыкающий контакт Q2(303) предотвращает выполнение противоположных команд и гарантирует преимущество процессу охлаждения.

Когда работают оба вентилятора испарителя Q5(326) и Q6(328) возбуждены, через К2(324) может быть возбужден контактор Q4, который включает отопление грузового помещения.

### **Лабораторная работа № 2**

#### **Устройство и принцип работы холодильной установки 5-ти вагонной рефрижераторной секции БМЗ**

**Цель работы:** Изучить конструкцию холодильной установки 5-ти вагонной рефрижераторной секции постройки Брянского машиностроительного завода (ВР-1-М).

#### **2.1. Краткие сведения из теории**

Автоматизированные холодильные установки ВР-1-М непосредственного охлаждения обеспечивают поддержание температуры в грузовых помещениях вагонов от  $-20$  до  $+14^{\circ}\text{C}$ . Система запуска и остановки холодильной машины автоматическая. Каждая холодильная установка имеет:

1) 8-цилиндровый компрессор – диаметр цилиндра 67,5 мм,  $n = 960$  об/мин, объём, описываемый поршнями =  $82,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;

2) конденсатор воздушного охлаждения с поверхностью теплообмена =  $90 \text{ м}^2$ ;

- 3) испаритель ребристый с теплопередающей поверхностью  $87,5 \text{ м}^2$ ;
- 4) регулирующий клапан, вспомогательные аппараты, трубопроводы, запорную арматуру, приборы регулирования контроля и защиты.

Мощность электродвигателя компрессора – 10 кВт, электродвигателей вентиляторов конденсатора и испарителя – по 2,2 кВт. Электрический ток переменный, напряжением 380/220 В.

Компрессор, конденсатор, вентилятор конденсатора, ресивер, фильтр-осушитель, теплообменник, реле давления РД-1Б и РД-2Б, реле контроля смазки РКС-1Б, два соленоидных клапана СВМ-15, автоматический регулятор давления АДД-40. Обратный клапан, запорная арматура и соединительные трубопроводы смонтированы в один компрессорно-конденсаторный агрегат на общей раме.

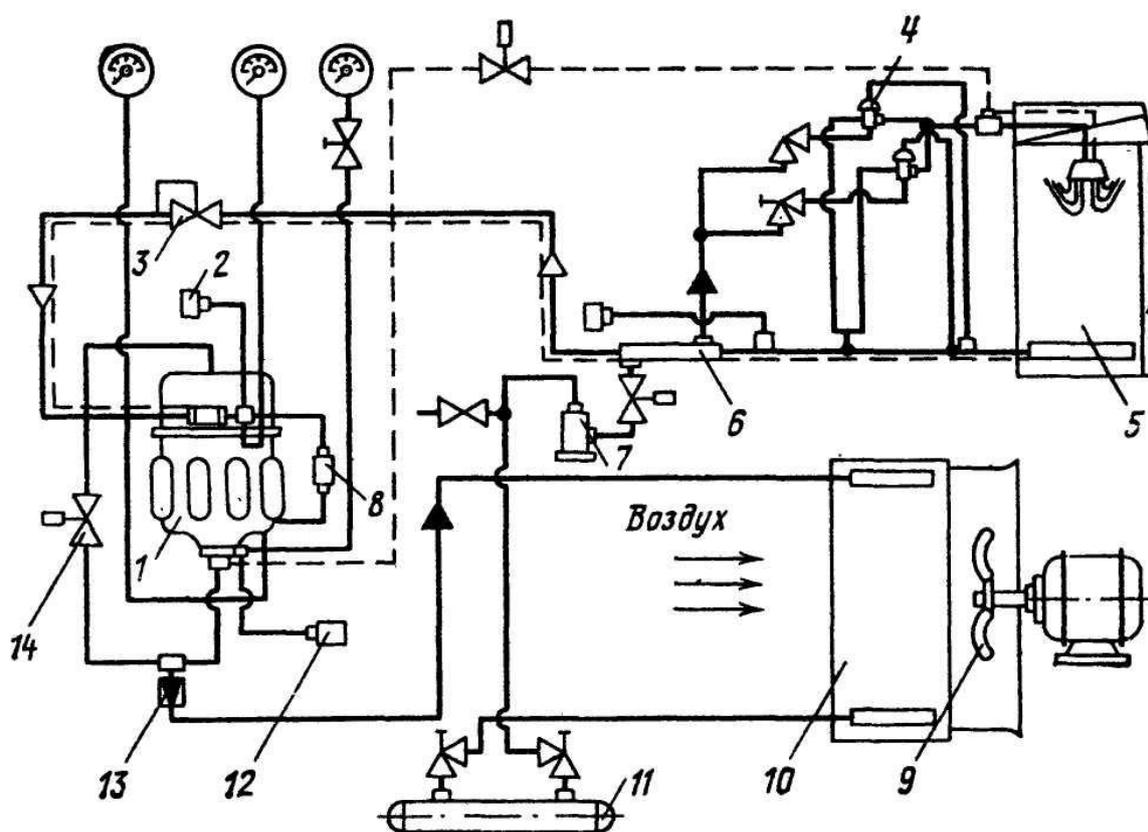


Рисунок 2.1. Схема холодильной установки ВР-1М

**Компрессор (1)** – блок-картерный. Блок-картер с крышками создаёт герметизированную полость компрессора, внутри которой размещены подвижные детали кривошипно-шатунного механизма и встроенный электродвигатель. Данная блок-картерная конструкция включает в себя четыре блока цилиндров со всасывающими и нагнетательными полостями, картер.

**Конденсатор (10)** – воздушный, ребристый, 8-секционный, батарея выполнена из медных трубок 15x1 мм.

**Вентилятор конденсатора (9)** – осевой УК-2М №5, диаметр рабочего колеса 500 мм,  $n = 2870$  об/мин,  $V_{\text{вк}}=1500$  м<sup>3</sup>/ч. Привод вентилятора – асинхронный электродвигатель А 02-31-28.

**Ресивер (11)** – сосуд, работающий под давлением. Является дополнительной емкостью для жидкого фреона в системе. Линейный, горизонтальный, емкостью 30 л. Рабочее давление 2 кг/см<sup>2</sup>, рабочая температура 30-50°С.

**Фильтр-осушитель (7)** – предназначен для отбора влаги из фреона. Поглотитель - гранулированный цеолит.

**Теплообменник (6)** – поверхность теплообмена 0,3 м<sup>2</sup>, диаметр кожуха 108 мм; общая длина 770 мм.

**Реле давления РД-1Б** – служит для защиты компрессора от чрезмерного падения давления всасывания, реле высокого давления (маноконтролер) – для защиты от повышения давления нагнетания (РД-2Б). Оба прибора включаются в электрическую сеть компрессора. При размыкании контактов прибора останавливается компрессор.

**Реле контроля смазки РКС-1Б (8)** – применяется для остановки компрессора при снижении давления масла в системе. Подключается в систему смазки компрессора до и после масляного шестеренчатого насоса.

**Соленоидные вентили СВМ-15 (14)** – применяются на жидкостной и байпасной линиях. СВМ-15 является запорным вентилем автоматического действия. Один вентиль (на жидкостной линии, соединяющей ресивер с испарителем) служит для прекращения подачи жидкого фреона при остановке компрессора. Второй вентиль установлен на байпасной линии и служит для разгрузки электродвигателя компрессора при запуске путем перепуска паров хладагента из нагнетательной полости компрессора во всасывающую. Тип – мембранный, условный проход  $D_y = 15$  мм, рабочее давление 16 кг/см<sup>2</sup>, температура рабочей среды от –40 до 45°С. Род тока – переменный напряжением 220 В.

**Дроссель автоматический по давлению «после себя» АДД-40 (3)** – предназначен для пропорционального регулирования производительности компрессора путём дросселирования газообразного фреона на линии всасывания. Служит для защиты компрессора от перегрузов. Пропускная способность не менее 500 кг/ч, рабочее давление 16 кг/см<sup>2</sup>.

**Обратный клапан (13)** – пропускает поток газообразного хладагента только в одном направлении и не позволяет фреону протекать по время пуска из конденсатора в компрессор.

**Щит приборов** – представляет собой щиток, на котором закреплены два терморегулирующих вентиля ТРВК-10, два запорных вентиля  $D_y 15$ . Нормальную работу установки обеспечивает один терморегулирующий

вентиль, второй является запасным. Третий вентиль D<sub>v</sub> 15 используется для оттайки испарителя.

**Щит манометров** имеет манометр, два мановакуумметра и три запорных вентиля D<sub>v</sub> 6. Манометр служит для контроля давления нагнетания, мановакуумметр - для контроля величины давления всасывающей стороны компрессора. Второй мановакуумметр предназначен для контроля давления масла в системе смазки компрессора и соединён через запорный вентиль с нагнетательной линией масляного насоса.

**Циркуляция хладагента в системе холодильной машины:** испаритель – теплообменник - «АДД-40» - компрессор - обратный клапан – конденсатор - ресивер - осушитель фреона - «СВМ-15» - теплообменник - тепловой запорный вентиль - «ТРВК-10» - испаритель.

Автоматизация заботы холодильной установки ВР-1-М и электропечей отопления осуществляется при помощи полупроводников термостатов ПТР-2 и ПТР-3, чувствительные элементы которых размещены в грузовом помещении вагона. Сами приборы устанавливаются в машинном отделении. Кроме того, предусмотрено и ручное дистанционное включение и выключение холодильных машин и электропечей. Ручное управление может осуществляться со щита в машинном отделении грузового вагона и с главного распределительного щита вагона – дизель - электростанции. Габаритные размеры холодильной установки (длина x ширина x высота): компрессорно-конденсаторный агрегат 2210x890x960, воздухоохладитель (2 испарителя) 2270x930x976, электронагреватель 2090x610x235мм.

Компрессор 1 отсасывает пары хладагента из воздухоохладителя 5 через теплообменник 6, сжимает их и нагнетает в конденсатор 10. Там пары охлаждаются и конденсируются, отдавая тепло воздуху, обдуваемому трубу конденсатора. Чем больше воздуха и чем он холоднее, тем ниже температура конденсации. Воздух прогоняется через конденсатор вентилятором 9, снабжённым приводом от электродвигателя.

Жидкий хладагент из конденсатора 10 поступает в ресивер 11, а затем через фильтр-осушитель 7 - в испаритель (воздухоохладитель), где кипит и охлаждает воздух, поступающий из грузового помещения вагона. Полученные пары вновь отсасываются компрессором, процесс повторяется.

Установка ВР-1М оборудована электронагревателем, запорной арматурой (проходные и угловые вентили), соленоидным и терморегулирующими вентилями, автоматическим регулятором давления, реле низкого и высокого давления, обратным клапаном. Каждая установка воспринимает 75% максимальной тепловой нагрузки.

В каждой холодильной установке имеются: восьмицилиндровый компрессор с ходом поршня 50 мм, диаметром цилиндров 67,5 мм, частотой вращения вала 960 об/мин и объёмом, описываемым поршнями,

82,5 м<sup>3</sup>/ч; воздушный конденсатор с поверхностью теплопередачи 90 м<sup>2</sup>; испаритель с поверхностью 87,5 м<sup>2</sup>. Мощность электродвигателя компрессора составляет 10 кВт, электродвигатель вентилятора конденсатора и испарителя 2.2 кВт.

На щите приборов расположены два мембранных терморегулирующих вентиля с запорными вентилями, манометр, два мановакуумметра и один запорный вентиль, предназначенный для оттаивания инея. Нормальную работу установки обеспечивает один терморегулирующий вентиль (другой является запасным), который автоматически регулирует подачу хладагента в испаритель в зависимости от перегрева паров, выходящих из него. Щит манометров укреплен на перегородке машинного отделения.

## **2.2. Порядок выполнения работы**

1. Ознакомиться с холодильной машиной ВР-1-М.
2. Изучить устройство, конструктивные особенности, назначение основных вспомогательных аппаратов, приборов регулирования, приборов защиты и контроля.
3. Ознакомиться с порядком эксплуатации и требованиями техники безопасности.
4. Составить принципиальную схему холодильной установки. Схему дополнить стрелками, показывающими направление циркуляции хладагента в системе, спецификацией холодильного оборудования, отразить размещение холодильного оборудования в грузовом вагоне 5-вагонной секции БМЗ.

## **Лабораторная работа № 3**

### **Устройство и принцип работы установки кондиционирования воздуха МАБ-П**

#### **Цель работы:**

1. Ознакомить студента с системой охлаждения и распределения воздуха в пассажирских вагонах.
2. Ознакомить с устройством холодильной установки.
3. Ознакомить с требованиями технического обслуживания УКВ.
4. Ознакомить с основными неисправностями холодильной установки и способами их устранения.

### **3.1. Климатическая установка МАБ-П**

Климатическая установка обеспечивает в теплое время года охлаждение пассажирского помещения вагона в соответствии с установленным диапазоном температур.

Зимой же свежий воздух, подаваемый в вагон вентиляционным агрегатом подогревается, проходя через калорифер водяного отопления и электрокалорифер.

Климатическая установка состоит из системы передачи и распределения воздуха, установки подогрева подаваемого в вагон свежего воздуха и холодильной установки, охлаждающей подаваемый в вагон воздух.

Холодильная установка состоит из компрессорного и конденсаторного агрегатов, расположенных под вагоном, воздухоохладителя, расположенного над малым коридором котловой стороны, приборной панели, а также необходимых регулирующих и контрольных приборов. Компрессорный агрегат работает на хладагенте фреон 12.

3.1.1. Наблюдение за работой климатической установки МАБ-II. За 5 часов до пуска холодильной установки после длительного простоя следует включить обогрев картера компрессора.

3.1.2. Во время работы холодильной установки клапаны во всасывающем воздушном канале должны быть открыты.

3.1.3. Работу холодильной установки не менее двух раз в день следует проверять по показаниям манометров на приборном щите.

При работающем компрессоре манометры должны показывать следующие значения:

1. манометр на стороне всасывания (23) –  
 $2,15-3,19 \text{ кг/см}^2 = 211 \text{ кПа}-312 \text{ кПа}$ ;
2. манометр на стороне нагнетания (22) –  
 $6,6 - 12,9 \text{ кг/см}^2 \text{ р } 648 \text{ кПа} - 1265 \text{ кПа}$ ;
3. манометр давления масла (24) –  
 $2,92 - 4,49 \text{ кг/см}^2 = 292 \text{ кПа} - 440 \text{ кПа}$ .

Между показаниями манометра на стороне всасывания (23) и манометра давления масла (24) должна быть разница в пределах  $0,8-1,3 \text{ кг/см}^2 = 78,4-128 \text{ кПа}$

Если эта разница не имеет место, холодильную установку следует остановить, выявить и устранить причину слишком низкого давления масла.

Ручные запорные вентили манометров должны быть закрыты. Они открываются только при считывании показаний манометров.

3.1.4. Кроме проверки показаний манометров следует:

- ежедневно проверять уровень масла в картере компрессора по смотровому стеклу;
- проверять состояние измерительных фреонопроводов и приборов управления на их целостность, риски и трещины;
- ежедневно проверять уровень фреона в ресивере по смотровому стеклу;

- регулярно заменять загрязненные фильтры во всасывающем воздушном канале.

## **3.2. Техническое обслуживание установки**

### **3.2.1. Подготовка установки к эксплуатации**

Для ввода климатической установки в эксплуатацию нужно, прежде всего, проверить открыты ли запорные вентили, расположенные на компрессорном и конденсаторном агрегатах.

Для того, чтобы открыть вентили, необходимо:

- а) отвернуть колпачок поворотом влево;
- б) повернуть нажимную втулку на  $\frac{1}{4}$  оборота против часовой стрелки ослабить затяжку сальника;
- в) вращать шпindel против часовой стрелки до упора;
- г) затянуть сальник, вращая по часовой стрелке нажимную втулку;
- д) навернуть и плотно затянуть колпачок. Вентили открыть до упора.

### **3.2.2. Остановка холодильной установки на длительное время**

Если предполагается, что длительное время, от 3-х до 4-х недель, климатической установкой пользоваться не будут, то на стоянке вагона следует отсосать фреон в ресивер и закрыть все запорные вентили. Для этого нужно:

- а) закрыть вентиль (18);
- б) переключатель климатической установки (3b2) поставить в положение «охлаждение» и режимный переключатель холодильного нагрева (4b2) в положение «охлаждение 2/3»;
- в) когда давление по манометру на стороне всасывания опустится до  $0,2 \text{ кг/см}^2$  (19,2 кПа), переключатель климатической установки на «выключено»;
- г) тотчас же после выключения климатической установки закрыть сначала (15), а затем вентили (8), (17), (16).

Прежде чем начать вращать шпindel вентилем (16),(17),(18), следует ослабить затяжку сальника; после этого, как вентиль закрыт, сальник снова следует затянуть так же, как и при вводе климатической установки в эксплуатацию.

## **3.3. Основные неисправности и способы их устранения**

Установленные на приборном щите манометры предназначены для контроля климатической установки в режиме охлаждения. По ним можно

определить отклонения от нормальной работы климатической установки и иногда даже возможную причину неисправности.

3.3.1. Давление на стороне всасывания (давление, соответствующее температуре испарения) зависит от температуры и влажности воздуха, который проходит через воздухоохладитель, т.е. от состояния воздуха как внутри, так и снаружи вагона. Чем выше температура и влажность, тем выше температура испарения.

Температура испарения зависит также от количества подводимого свежего воздуха, которое в режиме охлаждения должно составлять около 5000 м<sup>3</sup>/час. Чем меньше это количество, тем ниже температура испарения.

3.3.2. Давление на стороне нагнетания (давление, соответствующее температуре конденсации) зависит от температуры наружного воздуха. Чем выше температура наружного воздуха, тем выше температура конденсации, и наоборот. Температура конденсации зависит, далее, от количества продуваемого через конденсатор воздуха. Чем меньше количества воздуха на какой-либо ступени, тем выше температура конденсации. Нормально температура испарения изменяется в том же направлении, что и давление конденсации.

3.3.3. Давление масла в системе смазки компрессора равно разности показания масляного манометра и манометра на стороне всасывания.

Отдельные манометры в зависимости от состояния и количества протекающего воздуха в четырехцилиндровом режиме компрессора должны давать следующие показания:

	Манометр на стороне всасывания	Манометр на стороне нагнетания	Манометр давления масла
Давление (кПа)	(2,15 -3,19) 211-213	(6,6 - 12,9) 648 - 1265	292-440 (2,95-4,49) свыше низкого давления 78,4-128 (0,8-1,3)
Температура (°C)	0-9	30-55	—
При температуре наружного воздуха (°C)	15-40	15-40	—
Температура внутри вагона (°C)	23-27	—	—

Для контроля температуры испарения могут быть приняты следующие величины:

- температура испарения в четырехцилиндровом режиме работы компрессора – около + 5°C;
- при температуре наружного воздуха – +40°C;

- влажности наружного воздуха – 30%;
- температура внутри вагона – + 25°C;
- влажности воздуха внутри вагона – 50%.

В двухцилиндровом режиме работы компрессора температура испарения лежит на 1-2°C, в одноцилиндровом на 2-3°C выше.

Температура конденсации нормально работающей установки на 15°C выше температуры наружного воздуха. Например, при температуре наружного воздуха 40°C температура конденсации около 55°C (12,9 атм = 1265 кПа).

Все данные относятся к работающей установке. После выключения компрессора давление в системе через некоторое время выравнивается и все три манометра показывают одинаковое давление.

Вентили перед манометрами должны быть нормально закрыты. Они открываются только для снятия с манометров показаний.

Возможные неисправности холодильной установки, их внешние признаки, причины и устранение.

Для выявления неисправности установку следует включить на ручные режимы 1/3, 2/3, 3/3, так как при автоматическом режиме работы трудно определить, на какой ступени работает холодильная установка.

При нормальной работе ручное включение блокируется и может быть включено только с помощью специального ключа на электрораспределительном щите. После ремонта ручное включение должно быть опять заблокировано.

### **3.4. Принцип действия и обслуживание климатической установки МАБ-II**

Холодильная установка включается главным выключателем установки кондиционирования воздуха (3Б2). Этот выключатель подключен к центральной цепи управления. Если установка электроснабжения работает в батарейном режиме, то в случае снижения напряжения установки ниже 101 В центральная цепь управления отключается через реле минимального напряжения. Положения выключателя:

- 1 – 0
- 2 – переходное отопление
- 3 – основное отопление
- 4 – дежурное отопление
- 5 - охлаждение

Вентилятор работает, если выключатель находится в одном из положений 2, 3, 5, а холодильная установка только при положении выключателя 5. При положении 5 выключателя (охлаждение) действует избирательный выключатель охлаждения (4Б2)..

Он имеет следующие положения:

- 1 - ручной режим 1/3
- 2 - ручной режим 2/3
- 3 - ручной режим 3/3
- 4 - автоматика от 22°C до 24°C
- 5 - автоматика от 23°C до 25°C
- 6 - автоматика от 24°C до 26°C

Положения выключателя 1, 2 и 3 для ручного управления холодильной установки действительны только после включения кнопочного выключателя с приставкой под ключ /4b1/ (402). Эти положения включения должны использоваться только в случае отказа автоматики.

В нормальных условиях кнопка /4b1/ (402) выключена.

При положениях 4, 5, 6 холодильная установка работает автоматически:

- охлаждение 1/3 при превышении нижнего предельного значения температуры (22°C);
- охлаждение 2/3 при превышении температуры между обоими предельными значениями (23°C-25°C);
- охлаждение 3/3 при превышении верхнего предельного значения температуры (26°C).

### **3.4.1. Включение**

Главный выключатель кондиционирования воздуха /3b2/(401), (445) находится в положении «охлаждение», а избирательный выключатель кондиционирования воздуха /4b2/ в положении «автоматика» 22°C до 24°C.

Реле времени /4u4d1/(414), /4u4d2/(415) и /4u4d3/(416) находятся под напряжением и втягивают контактор /4c1/(445). Двигатель /4m3/(448) работает на ступени 1 через сопротивление /1u4r5/(448).

### **3.4.2. Автоматическая работа**

#### **Возможность 1**

Температура в термостате приточного воздуха /3u10/ ниже + 12°C - нет охлаждения, вентилятор работает на ступени 1, контактор /4c1/ включен.

#### **Возможность 2**

Температура в термостате приточного воздуха /3u10/ + 12°C или выше - /3u10f1/(402) замкнут.

А) температура помещения ниже 22°C.

Нет охлаждения, вентилятор работает на ступени 1 через контактор /4с1/.

Б) температура помещения ниже 22°C до 23°C - охлаждение 1/3.

Реле /4dl/ (404) втягивает, и вследствие этого с задержкой отключается реле времени /4u4d1/ и включаются магнитные клапаны /4s1/(418), 4s3/(422), 4s4/(424).

После отпадания реле времени напряжение подается контактору /4г4с1/(426), который включает двигатель компрессора /4ml/(438) на первую ступень пуска через ограничительные сопротивления якоря /4u4r1/ и /4u4r2/(438). Одновременно контактор /4u4с1/(426) отключает второе реле времени /4u4d2/(415) и включает цепь управления контактора в готовность к эксплуатации.

После отпадания реле времени /4u4d2/(415) напряжение подается контактору /4u4с2/(428), шунтирующему ограничительное сопротивление якоря /4u4r1/(438) и таким образом, переключаящий двигатель компрессора на вторую ступень пуска.

Одновременно контактор /4u4с2/(428) отключает третье реле времени /4u4d3/(416) и включает цепь управления контактора /4u4с3/(430) и реле /4d2/(408) в готовность к эксплуатации.

После отпадания реле времени /4u4d3/(416) выключается контактор /4u4с3/(430), шунтирующий ограничительное сопротивление якоря /4u4r2/(438).

Этим заключается процесс пуска, и компрессор теперь работает на ступени «охлаждение 1/3» Одновременно через контактор /4u4с3/(430) включается контактор /4с2/(412), который шунтирует ограничительное сопротивление якоря /1u4r5/(448) и освобождает ограничительное сопротивление возбуждения /1u4r5/(448) и освобождает ограничительное сопротивление возбуждения /1u4r6/(449), так что вентилятор теперь работай на ступени II.

Контактор /4u4с3/ включает цепь управления /4d3/(410) в готовность и включает сигнальную лампу /4h3/(436).

В) температура помещения от 23 до 25 С - охлаждение 2/3 коммутационный процесс соответствует пункту б).

Дополнительно через температурный щуп 23°C включается реле /4d2/(408). Реле отключает магнитный клапан /4s3/(422) и включает контактор /4u4с3/(432). Контактор на пути тока (441) шунтирует ограничительное сопротивление якоря /4u4r4/(442), так, как двигатель вентилятора работает на ступени II. Одновременно через /4u4с3/ цепь управления /4d3/(410) включается в полную готовность.

Г) температура помещения 24°C или выше.

Температура приточного воздуха 14°C или выше - охлаждение 3/3 коммутационный процесс соответствует пунктам б) и в).

Дополнительно через температурный щуп 24°C включается магнитный клапан /4s2/(420) и отключает /4s4/(424). Одновременно включается контактор /4u4c5/(434). Этот контактор шунтирует второе ограничительное сопротивление якоря /4u4r5/(442) двигателя вентилятора конденсатора и освобождает ограничительные сопротивления возбуждения /4u4r3/(439) и /4u4r6/(443), вследствие чего двигатель компрессора /4m1/ и двигатель вентилятора /4m2/ работает на максимальных оборотах.

Компрессор работает на ступени:

охлаждение 1/3 в одноцилиндровом режиме;

охлаждение 2/3 в двухцилиндровом режиме;

охлаждение 3/3 в четырехцилиндровом режиме.

В случае снижения температуры ниже указанных значений установка переключается на следующую более низкую ступень.

Если установка электроснабжения работает в батарейном режиме, то через контакт реле /1d1/(410) блокируется третья ступень охлаждения. В случае срабатывания реле минимального напряжения холодильная установка отключается через провод КЦ I.

### **3.4.3. Предварительное отопление компрессора**

До включения главного выключателя кондиционирования воздуха /3b2/ в положение «охлаждение» необходимо включить предварительное отопление компрессора /4u5/(451) выключателем /4a1/(145). Этим обеспечивается надлежащая смазка подшипника маслом.

При включении /4a1/ включается сигнальная лампочка /4h4/(452). В момент пуска двигателя компрессора отопление автоматически отключается контактом контактора /4u4c1/(451). На стоянке при помощи контакта /1c1/(451) обеспечивается зависимость отопления от напряжения батареи. Если напряжение батареи ниже 101 В, то отопление не включается.

### **3.4.4. Магнитные клапаны**

Магнитные клапаны /4s3/(422) и /4s4/(424) определяют, в каком режиме работает компрессор.

/4s3/ и /4s4/ включены - одноцилиндровый режим;

только /4s4/ включен - двухцилиндровый режим;

/4s3/ и /4s4/ включены - четырехцилиндровый режим.

Магнитные клапаны /4s1/(418) и /4s2/(420) определяют ступень работы испарителя:

/4s1/ включен - ступень I соответствует охлаждению 1/3, охлаждению 2/3.

/4s1/ и /4s2/ включены - ступень II соответствует охлаждению 3/3.

### **3.4.5. Реле давления**

В случае слишком высокого давления в нагнетательном трубопроводе холодильной установки двигатель компрессора и двигатель вентилятора конденсатора отключается выключателем реле максимального давления /4e14/(402) через реле /4d1/(404).

Выключатель максимального давления срабатывает при избыточном давлении около  $18 \text{ кг/см}^2$ .

### **3.4.6. Пробная работа на ступени «охлаждение 3/3»**

В нормальных эксплуатационных условиях холодильная установка работает с полной холодопроизводительностью («охлаждение 3/3») только при температуре приточного воздуха выше  $14^\circ\text{C}$ .

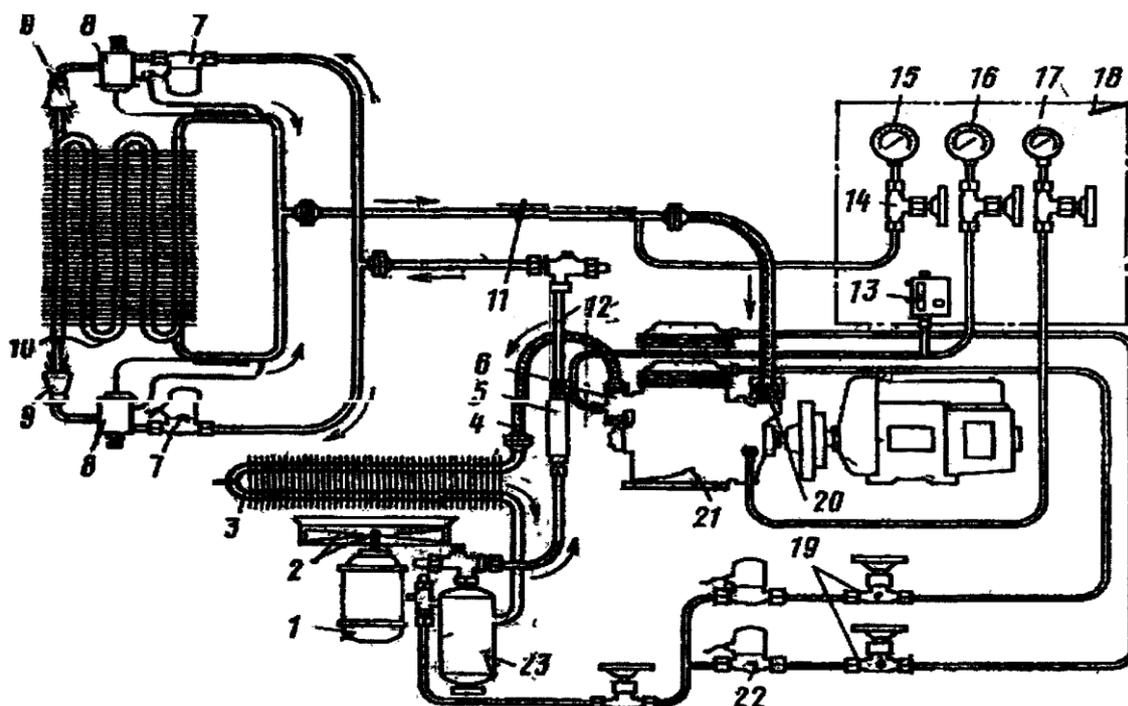
Для испытания установки при температуре приточного воздуха от  $12$  до  $14^\circ\text{C}$  контактный термометр /3u10f2/(410) шунтируется при помощи кнопки /4b3/(411), а вследствие этого реле /4b3/(410) включает установку на ступень «охлаждение 3/3».

### **3.4.7. Защита двигателей**

Все двигатели для защиты против перегрузки снабжены тепловыми реле максимального тока.

В случае превышения указанных значений цепь управления отключается через контакты /4e2/, /4e12/(403) и /4e13/(445) и блокируется.

Только после устранения неисправности следует деблокировать блокировку вторичного включения тепловых реле максимального тока.



- 1 – электродвигатель вентилятора конденсатора; 2 – вентилятор;  
 3 – конденсатор; 4 – резинометаллический нагнетательный трубопровод; 5 –  
 – фильтр-осушитель; 6- нагнетательный вентиль-компрессор;  
 7 – электромагнитные вентили; 8 – терморегулирующие вентили;  
 9 – распределители жидкого хладагента; 10 – испаритель  
 (воздухоохладитель); 11- всасывающий трубопровод; 12 – нагнетательный  
 трубопровод; 13 – реле максимального давления; 14 – вентиль;  
 15 – манометр всасывания; 16 – манометр нагнетаний; 17 – масляный  
 манометр; 18 – шунт с приборами; 19 – мембранные вентили;  
 20 – всасывающий вентиль компрессора; 21 – компрессор;  
 22 – электромагнитный вентиль; 23 – ресивер.

Рисунок 3.2. Схема холодильной установки МАН - II.

#### Лабораторная работа №4

### Действительная объемная производительность поршневых компрессоров. Определение коэффициента подачи компрессора

#### Цель работы:

1. Ознакомление с рабочими процессами, происходящими в теоретическом и действительном поршневых компрессорах.
2. Ознакомление со стендом для испытания объемной производительности компрессоров. Порядок проведения испытаний.

### 3. Экспериментальное определение коэффициента подачи.

#### 4.1. Общие сведения

Одним из основных технических показателей компрессора является объемная производительность. Под объемной производительностью понимается действительный объем сжимаемого пара в условиях всасывания, проходящего через компрессор в единицу времени.

Для теоретического компрессора эта величина равна теоретическому объему описываемому поршнем компрессора  $Vh$ , который можно определить исходя из геометрических параметров компрессора и частоты вращения коленчатого вала компрессора.

$$Vh^{\circ} = \frac{\pi D^2}{4} \cdot S \cdot Z \cdot \frac{n}{60}, \text{ (м}^3/\text{с)}$$

где  $D$  - диаметр цилиндра, м;

$S$  - ход поршня, м;

$Z$  - число цилиндров;

$n$  - частота вращения коленчатого вала, об/мин.

В реальном компрессоре действует ряд конструктивных и функциональных особенностей, приводимых в конечном итоге к снижению производительности и экономичности действительного компрессора, по сравнению с теоретическим (рисунок 4.1).

Этими основными факторами являются:

1) наличие вредного пространства, которое складывается из:

а) части объема цилиндра высотой  $h$ , равной линейному мертвому пространству;

б) кольцевого объема между цилиндром и поршнем высотой, равной расстоянию от днища поршня до первого уплотненного кольца:

в) объемов в каналах клапана.

Вредное пространство  $V_0$  выражается через относительную величину  $C$ . Для современного поршневого компрессора  $C = 2-5\%$ .

Потери объема из-за наличия вредного пространства обусловлены расширением пара из объема вредного пространства, оставшегося после нагнетания при  $P_k$  до давления  $P_0$ , при обратном ходе поршня на определенную величину, которая называется процессом обратного расширения.

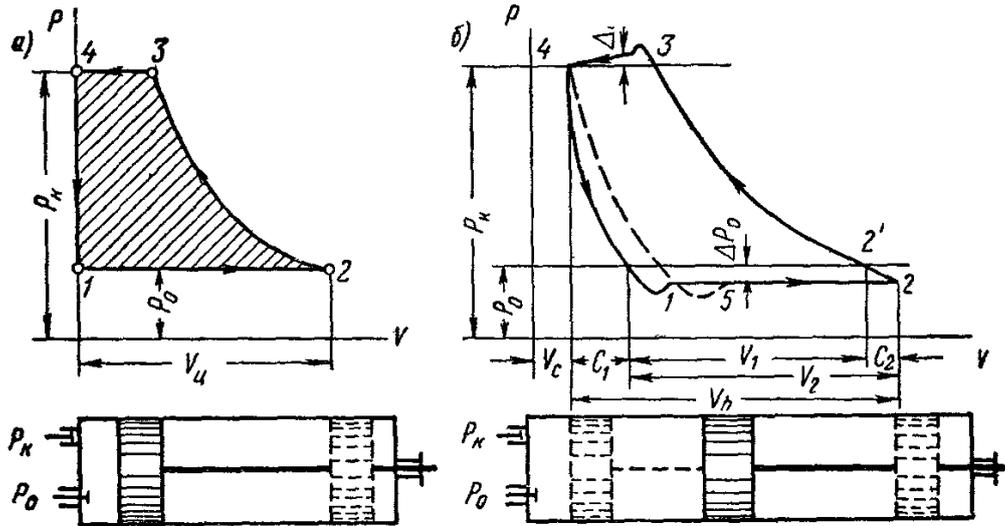


Рисунок 4.1. Диаграмма рабочего процесса компрессора в координатах  $p - V$

Потери объема из-за вредного пространства учитывается коэффициентом объемных потерь.

$$\lambda_c = 1 - C \left[ \left( \frac{P_k + \Delta P_n}{P_0} \right)^{\frac{1}{m}} - 1 \right]$$

$C$  - относительная величина вредного пространства,  $C = \frac{V_0}{V_n} \cdot 100\% (2 \div 5)\%$

$P_k$  - давление конденсации

$\Delta P_n = P_n - P_k$  называется дипрессией на нагнетании

$m$  - показатель политропы обратного расширения.

Для аммиачного компрессора  $m = 1,1$  а для фреоновых  $m = 1$ .

2) Гидравлические потери.

Во всасывающем и нагнетающем трубопроводах, включая клапаны, имеют место потери давления пара ( $P_n, P_{вс}$ ), что приводит к объемным потерям компрессора -  $C_2$ .

Величина объемных потерь, в этом случае, учитывается коэффициентом дросселирования:

$$\lambda_{др} = \frac{V_2}{V_1} \text{ или } \lambda_{др} = \frac{1}{C} \left( 1 - \frac{P_0 - \Delta P_{вс}}{P_0} \right)$$

$\Delta P_{вс}$  - дипрессия на всасывании

$$\Delta P_{\text{вс}} - P_0 - P_{\text{вс}} \text{ и } \frac{P_{\text{вс}}}{P_{\text{н}}} = (0,5 \div 1) \cdot 10^4 \text{ Па}$$

Объемные потери  $C_1$  и  $C_2$  могут быть учтены индикаторным коэффициентом подачи.

$$\lambda_i = \lambda_c \cdot \lambda_{op} = \frac{P_0 - \Delta P_{\text{вс}}}{P_0} - c \left[ \left( \frac{P_k + \Delta P_{\text{н}}}{P_0} \right)^{1/m} - \frac{P_0 - \Delta P_{\text{вс}}}{P_0} \right]$$

### 3) Теплообмен в цилиндре.

В процессах сжатия и обратного расширения между паром и стенками цилиндрического поршня имеет место теплообмен, различной направленности и интенсивности. В результате этого происходит подогрев всасывающих паров в компрессоре, что приводит к повышению удельного объема пара. Объемные потери компрессора, вследствие подогрева всасываемых паров, учитываются коэффициентом подогрева.

$$\lambda_{\text{п}} = \frac{T_0}{T_{\text{к}}}$$

### 4) Перетечки.

В процессе работы поршневого компрессора имеют место перетечки пара через различные неплотности:

- в разьемах поршневых колец;
- между поршнем и поршневыми кольцами и стенками цилиндра;
- в клапанах.

В общем случае, утечки через неплотности учитываются коэффициентом плотности  $\lambda_{\text{пл}}$ , который для современных компрессоров равен  $0,96 \div 0,98$ .

Общие объемные потери в компрессорах учитываются коэффициентом подачи компрессора.

$$\lambda = \lambda_c * \lambda_{\text{др}} * \lambda_{\text{п}} * \lambda_{\text{пл}}$$

Для определения  $\lambda$  различных типов компрессоров в справочной литературе дается графическая зависимость:

$$\lambda = f\left(\frac{P_k}{P_0}\right)$$

## 4.2. Порядок проведения испытаний

1. Проверить состояние крепления компрессора, муфты, электродвигателя, заземления стенда.
2. Убедиться в наличии масла в компрессоре.
3. Открыть вентиль 9 на резервуаре 5.
4. Запустить компрессор 2 магнитным пускателем 10, давление в резервуаре 5 будет повышаться, что можно зафиксировать по манометру 6.
5. С помощью секундомера зафиксировать время повышения давления в резервуаре на  $1 \text{ кг/см}^2$ .

Результаты занести в таблицу 4.1

Таблица 4.1

### Результаты замеров

Показания манометра $P_i$ , $\text{кг/см}^2$	2	3	4	5	6	7	8
Показания секундомера, $\tau_i$ , сек							

6. Остановить компрессор и выпустить воздух из резервуара.

## 4.3. Определение коэффициента подачи

Можно определить:  $\lambda = \frac{Vqi}{Vh}$ ;  $Vq = \frac{(P_{i+1} - P_i) \cdot V_p}{\tau_i}$

$P_i$  - показания манометра

$V_p$  - объем резервуара

$V_p = 156 \text{ л} = 0,156 \text{ м}^3$

Таблица 4.2

### Геометрические параметры компрессора

Номинальные	$d_n$ , м	S, м	Z	n, об/мин	T
Компрессор V	0,08	0,056	4	1470	1

По расчетным значениям  $\lambda_i$  построить график зависимости  $\lambda \frac{P_n}{P_{ac}}$  и сопоставим с подобным графиком в справочной литературе.

$$Vqi = \frac{(P_{i+1} - P_i) \cdot V_p}{\tau_i}$$

$$V_h = \frac{\pi d^2}{4} \cdot S \cdot Z \cdot \frac{n}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,08^2}{4} \cdot 0,056 \cdot 4 \cdot \frac{1470}{60} = 0,0275 \text{ м}^3/\text{сек}$$

$$\lambda_i = \frac{V_{qi}}{V_h} = \frac{V_{qi}}{0,0275}$$

Построить график зависимости  $\lambda - \frac{P_n}{P_{вс}}$

## Лабораторная работа №5

### Определение рабочей холодопроизводительности холодильной установки FAL-056

#### Цель работы:

1. Ознакомиться с теоретической основой определения холодопроизводительности холодильных машин.
2. Определить рабочую холодопроизводительность холодильной установки FAL-056 в лабораторных условиях.
3. Произвести тепловой расчет холодильной установки FAL-056.

#### 5.1. Холодопроизводительность холодильной машины и влияние на нее температурного режима работы холодильной машины

Холодопроизводительностью холодильной машины называется количество тепла, которое холодильная машина отнимает от охлаждаемой среды в единицу времени:

$$Q_0 = G * q_0 = G (i_1 - i_4) * 10^3, \text{ Вт,}$$

где  $G$  - массовый расход хладагента,  $\text{кг}/\text{с}$ ;

$q_0 = i_1 - i_4$  - удельная массовая холодопроизводительность  $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ ;

$i_1 - i_4$  - разность энтальпий конца и начала процесса кипения хладагента в испарителе,  $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ .

Холодопроизводительность холодильной машины не является постоянной величиной. Она зависит от условий эксплуатации холодильной

машины. Основное влияние на холодопроизводительность и рабочие характеристики компрессора оказывает степень сжатия  $\left(\frac{P_k}{P_o}\right)$ .

С увеличением степени сжатия резко возрастают объемные потери за счет увеличивающегося количества пара, расширяющегося из вредного пространства.

При этом также возрастают объемные потери, обусловленные аэродинамическим сопротивлением во всасывающем трубопроводе и каналах всасывающих клапанов, потери, вызванные подогревом всасывающего пара в цилиндры компрессора, и потери через неплотности между гильзами цилиндра и стенками поршневых колец и всасывающих и нагнетательных клапанов.

Поэтому одна и та же холодильная машина при различных температурных режимах ( $t_k, t_u, t_o, t_{ec}$ ), одним и тем же компрессором и постоянной частотой вращения вала обеспечивает разную холодопроизводительность и имеет различную энергетическую эффективность. При повышении температуры кипения хладагента  $t_o$  и понижении температуры конденсации  $t_k$  холодопроизводительность холодильной машины увеличивается, при понижении  $t_o$  и повышении  $t_k$  - уменьшается.

Для сравнительной оценки холодопроизводительности холодильных машин установлены определенные температурные условия их работы, характеризующие номинальную холодопроизводительность.

В холодильной технике приняты следующие температурные режимы номинальной холодопроизводительности (см. таблицу 5.1), которые называются стандартными температурными режимами. Холодопроизводительность, определенная по стандартным температурным режимам, называют стандартной холодопроизводительностью  $Q_{ocm}$ .

$$Q_{in\delta} = V_i * \lambda_{n\delta} * q_{v\delta} * 10^3, \text{ Вт}$$

Холодопроизводительность холодильной машины, определенная при температурных режимах, отличающихся от стандартных, называют рабочей холодопроизводительностью  $Q_{ораб}$ :

$$Q_{id\delta\delta} = V_i * \lambda_{\delta\delta\delta} * q_{v\delta\delta\delta},$$

где  $V_n$  - объем, описываемый поршнями компрессора,  $\text{м}^3/\text{с}$  ;

$\lambda_{раб}$ ,  $\lambda_{см}$  - коэффициент подачи компрессора соответственно при рабочих и стандартных температурах;

$q_{vдд}$ ,  $q_{vнд}$  - объемная холодопроизводительность хладагента при рабочих и стандартных температурах,  $\frac{кДж}{кг}$ .

Таблица 5.1

Стандартные температурные режимы

№	Температурный режим	Температура, °С			
		испарения	всасывания	конденсации	переохлаждения
1.	Стандартный для аммиачных холодильных машин	-15	-20	+30	+25
2.	Стандартный для фреоновых холодильных машин	-15	+15	+30	+25
3.	Низкотемпературный для фреоновых холодильных машин	-35	-20	+30	+25

Между рабочей и стандартной холодопроизводительностью имеется зависимость:

$$Q_{ораб} = Q_{осм} \frac{\lambda_{раб} * q_{vраб}}{\lambda_{см} * q_{vсм}};$$

$$Q_{осм} = Q_{ораб} \frac{\lambda_{см} * q_{vсм}}{\lambda_{раб} * q_{vраб}}.$$

Таким образом, зная рабочую холодопроизводительность, можно легко определить стандартную и наоборот.

## 5.2. Определить рабочую холодопроизводительность холодильной установки FAL-056

5.2.1. Осмотреть холодильную установку FAL-056. Проверить наличие фреона в ресивере (13), исправность воздухоохладителя (5), компрессорно-конденсаторного агрегата (1,15), электрических приборов холодильной установки (см. рисунок 1.1).

- 5.2.2. Открыть всасывающий и нагнетательный вентили компрессора 2Н056, вентили №28 и №29, и произвести включение холодильной установки на режим охлаждения (см рисунок 1.1).
- 5.2.3. После включения холодильной установки на режим охлаждения через 6 мин (реле времени) производит запуск компрессора, и холодильная установка войдет в рабочий режим охлаждения. По показаниям манометра низкого давления и масляного манометра, убедиться в нормальной работе холодильной установки.
- 5.2.4. Через 20 мин после установившегося режима работы холодильной установки по манометрам высокого и низкого давлений определить температуру конденсации  $t_k$  и температуру кипения  $t_o$  хладагента и занести в таблицу 5.2.  
Переносным термометром определить температуру на всасывающем трубопроводе  $t_{вс}$  и на трубопроводе перед терморегулирующим вентилем  $t_u$ . Результаты измерения занести в таблицу 5.2.  
Повтор измерения  $t_k, t_o, t_{вс}, t_u$  произвести трижды с интервалом 10 мин.
- 5.2.5. Определить температуру пара в конце процесса сжатия по формуле:

$$t_{ксж} = t_{вс} \left( \frac{P_k}{P_o} \right)^{\frac{k-1}{k}},$$

- где  $k$  - показатель адиабаты, равный для фреона R12 –  $k = 1,14$ .  
Результаты вычислений занести в таблицу 5.2.

Таблица 5.2

Температурный режим работы холодильной установки

Давление		Температура				
конденсации, $P_k$	кипения, $P_k$	кипения, $t_o$	всасывания, $t_{вс}$	конденсации, $t_k$	переохлаждения, $t_u$	в конце сжатия, $t_{ксж}$

- 5.2.6. Построить действительный цикл холодильной машины по данным таблицы 5.2. в диаграмме  $P - i$ .

5.2.7. Определим удельную массовую холодопроизводительность хладагента:

$$q_{\text{ораб}} = i_1 - i_4, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}};$$

$$q_{\text{ост}} = i_1 - i_4, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

5.2.8. Определим удельную объемную холодопроизводительность хладагента:

$$q_{\text{враб}} = \frac{q_{\text{ораб}}}{v_{1\text{раб}}}, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}};$$

$$q_{\text{вст}} = \frac{q_{\text{ост}}}{v_{1\text{ст}}}, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

5.2.9. Определим коэффициент подачи компрессора  $\lambda_{\text{раб}}$  и  $\lambda_{\text{ст}}$  из графика зависимости  $\lambda = \frac{P_{\text{к}}}{P_{\text{о}}}$ .

5.2.10. Определим рабочую холодопроизводительность холодильной установки:

$$Q_{\text{ораб}} = Q_{\text{ост}} \frac{\lambda_{\text{раб}} * q_{\text{враб}}}{\lambda_{\text{ст}} * q_{\text{вст}}}.$$

Стандартную холодопроизводительность  $Q_{\text{ост}}$  возьмем из технических данных холодильной установки FAL-056.

### 5.3. Тепловой расчет холодильной установки FAL-056

5.3.1. Определим массовый расход хладагента:

$$G_a = \frac{Q_{\text{ораб}}}{q_{\text{ораб}}}, \text{ кг/с}.$$

5.3.2. Определим тепловую нагрузку на конденсатор:

$$Q_{\text{к}} = q_{\text{к}} * G_a * 10^3 = (i_2 - i_3) G_a * 10^3, \text{ Вт},$$

где  $i_2, i_3$  - энтальпии начала и конца конденсации,

5.3.3. Определим теоретическую мощность компрессора:

$$N_T = G_a (i_2 - i_1), \text{ кВт},$$

где  $i_1, i_2$  - энтальпии конца и начала сжатия хладагента,  $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ .

5.3.4. Определим индикаторную мощность компрессора:

$$N_i = N_T / \eta_i, \text{ кВт},$$

где  $\eta_i$  - индикаторный коэффициент полезного действия, определяемый из

графика зависимости  $\eta_i - \frac{P_k}{P_o}$ .

5.3.5. Действительную мощность на валу компрессора:

$$N_l = N_i / \eta_{\text{мех}}, \text{ кВт},$$

где  $\eta_{\text{мех}}$  - механический коэффициент полезного действия, равный  $0,84 \div 0,97$ .

5.3.6. Мощность электродвигателя привода компрессора:

$$N_{\text{эл}} = (1,08 \div 1,15) \frac{N_c}{\eta_n * \eta_{\text{эл}}}, \text{ кВт},$$

где  $\eta_n$  - КПД передачи;

$\eta_{\text{эл}}$  - КПД электродвигателя ( $\eta_{\text{эл}} = 0,85 \div 0,94$ )

5.3.7. Определим холодильный коэффициент:

теоретический  $G_T = \frac{Q_{\text{орб}}}{N_T}$ ;

эффективный  $G_{\text{э}} = \frac{Q_{\text{орб}}}{T_{\text{эл}}}$ .

## 6. Выводы

## 7. Литература

1. Демьянков Н.В. Холодильные машины и установки. М: Транспорт, 1976, 359с.
2. Постарнак С.Ф., Зуев Ю.Ф. Холодильные машины и установки. М: Транспорт, 1982, 334 с.
3. Юрьев Ю.М., Лаврик-Кармазин Л.Б. Изотермические вагоны постройки ГДР. М: Транспорт, 1989, 184 с.
4. Фаерштейн Ю.О., Китаев Б.Н. Кондиционирование воздуха в пассажирских вагонах. М.: Транспорт, 1984, 272 с.

Редактор: С.А. Мулламухамедов

---

Подписано в печать.  
Формат бумаги 60x84 1/16

Объем п.л.  
Тираж экз. Заказ №

---

Типография ТашИИТ.

Ташкент, ул. Адылходжаева, 1